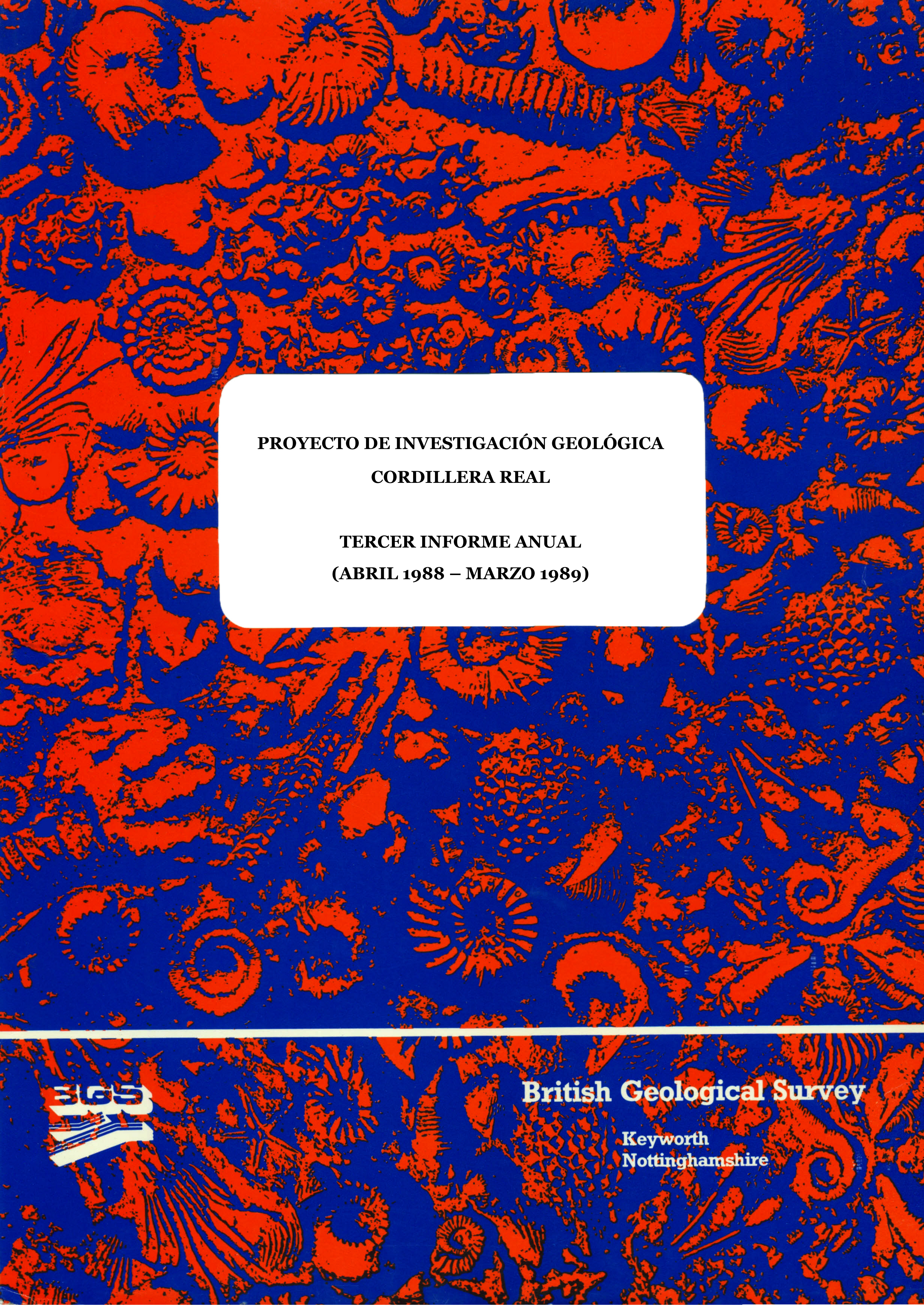


PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA
CORDILLERA REAL

TERCER INFORME ANUAL
(ABRIL 1988 – MARZO 1989)

British Geological Survey
Keyworth
Nottinghamshire

Overseas Development Administration,
Foreign and Commonwealth Office,
United Kingdom of Great Britain
and Northern Ireland

Ministerio de Energía y Minas,
República del Ecuador

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA CORDILLERA REAL

TERCER INFORME ANUAL
(ABRIL 1988 – MARZO 1989)

recopilado por

M. Litherland BSc, PhD, MIMM

Geología por	:	J. A. Aspden M. Litherland	M. Pozo T. F. Viteri S.
Geoquímica por	:		S. Naveda R., F. Guevara G., P. Jara P., R. Buitrón A., S. Salvador A., M. López M.
Estudios especiales de campo	:	M. C. G. Clarke	F. Viteri S.
Geocronología por	:	C. C. Rundle J. A. Aspden	F. Viteri S. R. Bermúdez A.
Petrografía adicional	:	J. Dangerfield	
Estudios especiales de minerales	:	B. Beddoe-Stephens N.J. Fortey	
Paleontología por	:	H. Ivimey-Cook, S. G. Molyneux, J. B. Riding, J. E. Thomas	
Producción del informe	:		F. Alcocer C.
Asistente de campo	:		M. Célleri O.
		BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, UK	INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA, QUITO, ECUADOR

Geoquímica adicional: B. P. Minerals International (Quito)

Gracias a todos quienes ayudaron en el rescate del Ing. Francisco Viteri, cuando la Parca conspiraba contra él, durante una travesía de Jimbilla hasta Quimi, abril 1989.

"Más era necesario hacer fiesta y regocijarnos, porque éste tu hermano era muerto y ha revivido; se había perdido y es hallado".

San Lucas 15,32 (Versión Antigua)

Thanks to all who helped in the rescue of Ing. Francisco Viteri when the Fates conspired against him, on a traverse from Jimbilla to Quimi, April, 1989

"But it was meet to make merry and be glad: for this thy brother was dead, and is alive again; and was lost and is found"

St. Luke 15,32 (Revised Version)

CONTENIDO

PÁGINA

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Naturaleza de este informe 1
1.2 Personal 1
1.3 Programa de trabajo, abril 1988-marzo 1989 1
1.3.1 Programa de reconocimiento de campo 1
1.3.2 Programa para el seguimiento de estudios de campo 2
1.3.3 Geocronología 2
1.3.4 Estudios petrográficos y minerales 2
1.3.5 Análisis Químicos 2
1.3.6 Estudios paleontológicos 3
1.3.7 Informes y mapas de comisiones 3
1.4 Presentación del informe y mapas 3
1.5 Agradecimientos 3

2. GEOLOGÍA 4

2.1 Introducción 4
2.2 La faja Occidental 4
2.2.1 Introducción 4
2.2.2 Las divisiones de Guasuntos, Guamote, Cebadas, Peltetec y Maguazo 4
2.2.3 La división Alao-Paute 5
2.2.4 El complejo máfico-ultramáfico de Tampanchi: ¿un intrusivo tipo Alaska? 5
2.2.5 Nuevas edades para la faja Occidental 7
2.3 Las fajas Central y Oriental 7
2.3.1 Introducción 7
2.3.2 El conjunto granítico Tres Lagunas y las rocas asociadas del cinturón central 8
2.3.3 Rocas metasedimentarias y metavolcánicas de la faja Central 11
2.3.4 Las divisiones (Precámbricas?) de Sabanilla y Masaca 12
2.3.5 Rocas de skarn, calco-silicáticas y mármoles de la Faja Central 14
2.3.6 Serpentinitas y rocas asociadas de las fajas Central y Oriental 15
2.3.7 Rocas pre-Cretácicas volcano-sedimentarias de la faja Oriental 17
2.3.8 Rocas plutónicas pre-Cretácicas calco-alcalinas de las fajas Central y Oriental 18
2.3.9 Formaciones Cretácicas a Terciario Inferior de la faja Oriental 19
2.3.10 Nuevas edades de las fajas Central y Oriental 19
2.4 Tectónica 20
2.5 Interpretación regional 22

3. OCURRENCIAS MINERALES Y ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS 24

3.1 Metales preciosos 24
3.1.1 Oro y plata 24
3.2 Metales mayores principales 26
3.2.1 Cobre 26
3.2.2 Plomo y zinc 26
3.2.3 Estaño 27
3.3 Metales de la industria del acero 27
3.3.1 Cromo 27
3.3.2 Cobalto 27
3.3.3 Hierro y Manganeso 27
3.3.4 Molibdeno 27
3.3.5 Níquel 28
3.3.6 Tungsteno 28
3.3.7 Vanadio 28
3.4 Minerales combustibles 28
3.4.1 Petróleo 28
3.5 Minerales y metales eléctricos 29
3.5.1 Cadmio 29
3.6 Minerales y metales de la industria química 29
3.6.1 Antimonio 29
3.6.2 Bismuto 29
3.6.3 Caolín 29
3.7 Aislantes y refractarios 29
3.7.1 Asbesto 29
3.7.2 Grafito 29
3.8 Otros minerales industriales, rocas y piedras preciosas 30
3.8.1 Carbonato 30
3.8.2 Granate 30
3.8.3 Cuarcita 30
3.8.4 Piedra ornamental 30
3.8.5 Talco 30
3.8.6 Turmalina 30

4. POTENCIAL MINERAL REGIONAL **31**
4.1 Introducción 31
4.2 Rocas ultramáficas: potencial de metales preciosos 31
4.2.1 El complejo ultramáfico Tampanchi 31
4.2.2 La faja ofiolítica Peltetec 33
4.2.3 Rocas ultramáficas de las fajas Central y Oriental 33
4.3 El "arco-isla" Alao-Paute: potencial polimetálico 33
4.4 El "arco-isla" Azafrán: potencial polimetálico 34
4.4.1 Introducción 34
4.4.2 La faja de skarn Llanganates 34
4.4.3 Otras rocas verdes epidotizadas 35
4.4.4 Otra mineralización 35
4.4.5 Conclusiones 35
4.5 El frente Baños: potencial de oro 36
4.6 El conjunto granítico Tres Lagunas: ¿potencial de estaño/tungsteno? 37
4.6.1 Introducción 37
4.6.2 Resultados de Clarke y Viteri (Apéndice 4) (Mapa 8) 37
4.6.3 Conclusiones 38
4.7 El arco continental de Zamora-Abitagua: potencial de oro 39
4.7.1 Introducción 39
4.7.2 Las minas de Nambija 39
4.7.3 Las áreas de Piuntza y Chinapintza 39
4.7.4 El área de Los Planes-La Cruz 39
4.7.5 Conclusiones 40
4.8 Conclusiones y trabajos futuros 40

5. REFERENCIAS **42**

APÉNDICE 1	Análisis químico de rocas y datos de las muestras	43
APÉNDICE 2	Análisis geoquímico de sedimentos fluviales	53
APÉNDICE 3*	Informe de visita acerca del trabajo completado en las tres fajas de minerales en la Cordillera Real, Ecuador	67
APÉNDICE 4*	Contribución al entendimiento del potencial mineral de los Andes ecuatorianos meridionales.	83
APÉNDICE 5*	Petrografía de algunas rocas graníticas y un conjunto de rocas alteradas principalmente volcánicas de la Cordillera Real.	131
APÉNDICE 6*	Estudio mineralógico y análisis de muestras del Ecuador.	147
APÉNDICE 7*	Petrografía de algunos granitos de la Cordillera Real.	171
APÉNDICE 8 *	Edades potasio-argón de minerales de la Cordillera Real.	187
APÉNDICE 9*	Informes paleontológicos.	205
APÉNDICE 10	Informes de comisión de la Cordillera Real de norte a sur	231

TABLAS

1 La estratigrafía tectónica de la faja Central sobre la faja plana entre los Ríos Oyacachi y Cosanga 13

FIGURAS

1 Subdivisiones tectónicas y batolitos mayores de la Cordillera Real 6

2 Sección esquemática por el norte de la Cordillera Real basada en el modelo de colisión continental 21

3 Fajas de minerales en la Cordillera Real relacionadas a elementos geológicos mayores del basamento 32

MAPAS

1 Dos mapas geológicos regionales (escala 1:250000)

2 Un mapa regional de oro (1:500000)

3 Un mapa regional de travesías (1:500000)

4 Trece mapas de geotravesías (escalas 1:25000 ó 1:50000)

en carpeta aparte

* Además de la edición de este Informe Anual, los Apéndices en inglés fueron traducidos al español.

Stalyn Paucar
(stalyn314paucar161@outlook.es)
Quito, 21 de noviembre de 2021

RESUMEN

Este informe expone el trabajo realizado desde abril de 1988 hasta marzo de 1989 por el Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real: un programa de Cooperación Técnica bilateral (ODA-INEMIN). Incluye y resume los resultados de los trabajos geológicos de campo, los análisis químicos y de minerales, y los estudios petrográficos, paleontológicos y geocronológicos (K-Ar) llevados a cabo durante este periodo.

El trabajo geológico de campo se ha concentrado en dos sectores principales de la Cordillera Real; en el norte del complejo metamórfico entre los Ríos Salado y Cosanga, y en el sur entre el Río Paute y la frontera peruana. Para estos sectores se ha incluido mapas geológicos escala 1:250000 junto con mapas de geotravesías a mayor escala.

El programa de trabajo ha adelantado más la definición de la geología y el potencial mineral de la cordillera. Actualmente en el norte el marco de "colisión" involucra a la sutura principal ofiolítica (Peltetec) seguido hacia el este por el arco-isla Maguazo/Alao-Paute (con palinomorfos Oxfordiano-Calloviano); siguiendo al este a través del frente Baños con el granito Tres Lagunas (¿colisional?) y luego por una secuencia mayor de "nappe" que puede ser dividida como una estratigrafía tectónica esencialmente basada en metasedimentos de origen-continental, skarns y serpentinitas, sobrecorridas sobre la secuencia plutónica/volcanosedimentaria del arco-isla Azafrán. Estos han sido empujados a lo largo del frente subandino, sobre la pareja de arco continental "cratónico" Jurásico manifestado por el granito Abitagua y los volcánicos Misahuallí. La zona sub-Andina también exhibe corrimientos Terciarios de unidades Cretácicas, presumiblemente el rejuvenecimiento de los corrimientos colisionales de la orogenia Jurásica.

El arco-isla Azafrán se extingue hacia el sur y la Cordillera Real está dominada por un mejor desarrollo del metagranito Tres Lagunas y semipelitas de origen continental corridos a lo largo del frente subandino, sobre rocas de más alto grado de la división Sabanilla, las que están corridas sobre el complejo de arco continental "cratónico" Jurásico del batolito de Zamora. La actividad volcánica/subvolcánica Cenozoica es particularmente prominente en la zona meridional.

Con respecto al potencial mineral, los nuevos indicios de minerales metálicos y no-metálicos, y las anomalías geoquímicas son indicadas de las geotravesías realizadas. En el sur, se han efectuado estudios especiales de mineralización de oro y polimetálicos.

En este informe la mineralización está relacionada a las unidades o estructuras fundamentales de basamento, a pesar de que muchos de los prospectos importantes se relacionan a los intrusivos Cenozoicos jóvenes. De este modo, en el oeste una faja polimetálica está concentrada entre el arco-isla Alao-Paute hasta el frente Baños que es una faja mayor de oro. Más al este tenemos las minas de Nambija que son parte de una faja regional de oro relacionada geográficamente al complejo volcánico-plutónico Zamora. La mineralización varía de tipo epitermal skarn-huésped a epitermal subvolcánico; la edad de la última puede ser Cenozoica. Los depósitos de estaño-tungsteno cerca al frente Baños son también de probable edad Cenozoica, pero genéticamente pueden estar relacionados al basamento del granito Tres Lagunas.

En el norte, la faja de skarn Llanganates ha sido trazada por 150 km en forma de "klippes" de los campos de skarn; fue observada mineralización de molibdenita. Se piensa que tanto el skarn como la fuente de placeres locales de oro se relacionan al complejo volcano-plutónico del arco-isla Azafrán.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Naturaleza de este informe

Éste es el tercero de una serie de informes anuales en el Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real, de Cooperación Técnica bilateral entre los Gobiernos de Ecuador (Instituto Ecuatoriano de Minería-INEMIN: Ministerio de Energía y Minas) y el Gobierno del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Administración para el Desarrollo de Ultramar-ODA), el mismo que empezó en marzo, 1986. Los miembros oficiales de Cooperación Técnica de ODA pertenecen al Servicio Geológico Británico (BGS). Este informe cubre el periodo comprendido entre abril 1988-marzo 1989.

El Proyecto tiene como objetivo el investigar las rocas metamórficas de la Cordillera Real del Ecuador, mediante el estudio de su naturaleza, estructura, relación y mineralización tendiente a descubrir los patrones de metalogénesis para proveer la base científica para estimar su potencial mineral y de este modo aportar con los datos básicos que permitan promover la industria minera ecuatoriana.

Para detalles sobre antecedentes, topografía, drenaje, clima, vegetación, población, acceso, mapas topográficos, imágenes, trabajos geológicos previos e historia de la minería, el lector puede consultar el primer Informe Anual (Litherland, 1987).

1.2 Personal

Durante el tercer año, el Proyecto continuó con los siguientes miembros residentes de ODA, prestados por BGS:

Dr. Martin Litherland (Jefe del Proyecto)
Dr. John Aspden

El siguiente personal fue asignado por INEMIN para el Proyecto:

Ing. Francisco Viteri Santamaría (Jefe de la Contraparte Nacional)
Ing. Miguel Pozo Torres
Lcda. Fabiola Alcocer Carrasco (Secretaria de la misión)
Sr. Manuel Célleri Ortiz (asistente de campo)

1.3 Programa de trabajo, abril 1988-marzo 1989

1.3.1 Programa de reconocimiento de campo

Al norte de la Cordillera Real se realizaron las siguientes geotravesías (Fig. 1, Mapa 1):

(a) Cangahua-Oyacachi-El Chaco (Litherland y Pozo).

(b) Laguna Micacocha-Cosanga (Litherland y Pozo).

(c) Río Azuela (Litherland y Pozo). Ellos no pudieron completar la travesía aguas abajo por el Río Salado, debido a los daños causados por el terremoto; en su lugar realizaron las siguientes:

(d) Río Salado-Río Diviso (Litherland) hacia el oeste de la Estación de Bombeo del Salado.

(e) Poblado de Cayambe-Sara Urco (Pozo).

Al sur de la Cordillera Real se realizaron las siguientes geotravesías (Fig. 1, Mapa 8):

(a) Amaluza-Loma de Arenal-Palanda (Viteri)

(b) Jimbura-San Andrés-La Diversión (Aspden)

(c) Yangana-La Canela-Río Vergel (Aspden y Viteri)

(d) Pico Toledo-Numbala Alto (Viteri)

(e) Nabón-Espíritu Playa (Viteri)

(f) Cochapata-San Vicente-Veintiocho de Mayo (Aspden)

1.3.2 Programa para el seguimiento de estudios de campo

(a) Ing. Pozo hizo un estudio detallado del complejo ígneo máfico/ultramáfico de Tampanchi.

(b) Dr. M. G. C. Clarke (Geólogo Económico temporal de ODA) e Ing. Viteri llevaron a cabo estudios de seguimiento en los cinturones minerales de la parte sur de la Cordillera Real (ver Apéndices 3, 4, 5 y 6).

1.3.3 Geocronología

Los resultados K-Ar del primer programa geocronológico del Proyecto son presentados en el Apéndice 8.

El segundo programa geocronológico empezó a inicios de 1989. El Dr. S. Harrison (geocronologista temporal de ODA), acompañado por el Dr. Aspden e Ing. Viteri, recolectó muestras para dataciones radiométricas por los métodos K-Ar, Rb-Sr y Sm-Nd en sitios no investigados en la Cordillera Real y en la provincia metamórfica El Oro; al mismo tiempo recolectaron muestras en lugares donde los resultados del primer programa no fueron satisfactorios.

1.3.4 Estudios petrográficos y minerales

Los miembros del proyecto han continuado con los estudios petrográficos de las muestras recolectadas en las geotravesías.

Estudios petrográficos y mineralógicos especializados han sido llevados a cabo en el BGS (ver Apéndices 4, 5, 6 y 7).

1.3.5 Análisis Químicos

Análisis rutinarios de elementos secundarios de sedimentos fluviales y rocas han sido realizados en los laboratorios del INEMIN, Quito (Apéndices 1 y 2).

B. P. Minerals ha patrocinado el análisis de varias muestras de roca en los laboratorios de ACME, Vancouver (Apéndice 1).

En el Reino Unido, el análisis de menas ha sido llevado a efecto en el laboratorio Caleb Brett (Apéndice 4) y el análisis de oro en el laboratorio de BGS, Edimburgo (Apéndice 6).

1.3.6 Estudios paleontológicos

Nueve informes paleontológicos que incluyen los del Grupo de Investigación Bioestratigráfica (BGS) y de la Universidad de Nottingham, son incluidos en el Apéndice 9. Estos incluyen estudios de palinomorfos, ammonites, conodontes y moluscos de la Cordillera Real y alrededores.

1.3.7 Informes y mapas de comisiones

Los informes compilados para INEMIN luego de cada comisión de campo, son presentados en el Apéndice 10. Los mapas de las comisiones son presentados en una carpeta separada.

1.4 Presentación del informe y mapas

El presente informe anual intenta incluir los datos obtenidos por el Proyecto para el periodo citado, para brindar el máximo beneficio a las partes interesadas. El resumen es producido en versiones en Español e Inglés, pero los Apéndices aparecen en el idioma de presentación.

El resumen de la geología ha sido hecho con la ayuda de la información microscópica de láminas delgadas. Por lo tanto, sustituye a las descripciones presentadas en los informes y mapas de comisiones de campo (Apéndice 10).

Debido a las limitaciones de tiempo el presente informe anual ha sido reducido en su extensión; sin embargo, el detalle en los capítulos de geología económica ha sido mantenido.

Los mapas son presentados en una carpeta separada en secuencia ordenada cubriendo las dos áreas principales de estudio. La compilación a escala 1:250000 ha sido dibujada sobre una base topográfica, preparada por el Proyecto de hojas topográficas del IGM e información de LANDSAT.

1.5 Agradecimientos

Reiteramos nuestro reconocimiento por la ayuda financiera y administrativa a INEMIN, a través del ex-Gerente General, Ing. Guillermo Bixby G., subrogado por el Ing. Leonardo Elizalde C.; y a ODA, a través del Funcionario para Ecuador, Sr. Robin Russell; y al Sr. Redmond Norton subrogado por el Sr. Douglas de Wilton, Oficial de Cooperación Técnica de la Embajada Británica en Quito. La habilidad del Sr. Russell para encontrar fondos de financiamiento para los programas adicionales del Dr. Clarke y Dr. Harrison, es profundamente apreciada.

Nosotros agradecemos la ayuda científica proporcionada por el ex-Gerente Técnico de INEMIN Ing. Edgar Salazar, y más tarde por el Ing. Wilson Santamaría; así también al Dr. C. R. Jones, subrogado por el Dr. J. D. Bennett, Geólogo Regional de BGS para América Latina y Asia.

Es también un placer hacer notoria la valiosa contribución de B. P. Minerals International en la realización de este informe.

"Los amigos del Proyecto", tanto en los sectores privado y público del Ecuador, han ayudado a nuestro equipo y a este informe, con intercambio de información muy útil. Nosotros confiamos seguir trabajando juntos para el beneficio de la Geología e Industria Minera ecuatoriana.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

La división tripartita de las rocas metamórficas y plutónicas de la Cordillera Real usada en los informes anuales anteriores se mantiene como sigue (Fig. 1):

(a) La faja Occidental: limitada al este por el frente Baños.

(b) La faja Central: limitada al oeste por el frente Baños y al este por el frente Subandino.

(c) La faja Oriental (Subandina): limitada al oeste por el frente Subandino y al este por el límite occidental del cratón Amazónico.

El siguiente resumen presenta los conocimientos "actualizados" de estas tres fajas y sus respectivos elementos e historias geológicas.

2.2 La faja Occidental

2.2.1 Introducción

El área de mayor afloramiento está al norte de Cuenca (Fig. 1) en donde las divisiones principales de la faja Occidental fueron mapeadas en los dos primeros años del Proyecto (Litherland, 1987; 1988). La presente actualización está basada en estudios limitados de campo y de muestras hechas durante este periodo.

2.2.2 Las divisiones de Guasuntos, Guamote, Cebadas, Peltetec y Maguazo

Se ha recolectado muy poca información en estas unidades. Hay algunos análisis químicos de rocas ofiolíticas de la división Peltetec de Penipe, Peltetec y Huarguallá como parte de un estudio analítico de los complejos ultramáficos-máficos nacionales (Apéndice 1, Tabla 1). Los datos paleontológicos de la división Maguazo son dados en 2.2.5.

2.2.3 La división Alao-Paute

En el Mapa 8 las rocas al este de la división Maguazo son indicadas como pertenecientes a la división Alao-Paute. Debería notarse, sin embargo, que puede ser necesario subdividir esta secuencia. En el oeste predominan las andesitas y aglomerados generalmente masivos débilmente metamorfizados y aglomerados, mientras que en el este éstas son remplazadas por una secuencia mixta de esquistos y filitas, en algunos lugares miloníticas. Las rocas son de origen volcano-sedimentario e incluyen esquistos verdes y rocas verdes masivas, filitas grafíticas y filitas feldespáticas, junto con cuarcitas menores (± cloritoide) y mármoles negros. Los minerales metamórficos principales son clorita, epidota, zoisita, clinozoisita y tremolita/actinolita. En algunos casos los fenocristales de plagioclasas originales son preservados en los esquistos verdes y las evidencias en láminas delgadas indican que estas rocas probablemente representan lavas las cuales han sido cataclásticamente deformadas y dinámicamente metamorfizadas.

En términos generales, estas rocas corresponden a los esquistos El Pan de Bristow y Guevara (1980); regionalmente su límite occidental probablemente coincide aproximadamente con una zona N-S de fallamiento (cizallamiento), que puede ser trazada en las fotografías aéreas al oeste del Río Paute, la cual continúa hacia el norte a la Laguna Aucacocha (Mapa 8). Esta zona además define el límite de falla del complejo máfico/ultramáfico de Tampanchi, y en general corresponde al límite este de la secuencia de meta-andesita más masiva de la división Alao-Paute.

A falta de la determinación de edad las meta-andesitas en el oeste y las rocas metavolcano-sedimentarias al este son consideradas contemporáneas, posiblemente la última representa una secuencia tras-arco. Sin embargo, la posibilidad de que estas unidades no estén relacionadas y sean de diferentes edades no puede ser abandonada al momento.

Pequeños afloramientos de esquistos verdes miloníticos y filitas verdes fueron localizados hacia el sur: al este de Nabón, oeste de Saraguro, y cerca de Quilanga a lo largo de la falla de Las Aradas (Mapa 8). Mineralógica y tectónicamente estas rocas son muy similares a las meta-andesitas milonitizadas de Alao-Paute, las cuales ocurren al sur de Sigsig a lo largo del frente Baños. Su presencia es de significancia regional ya que indica que el volcanismo de Alao-Paute se extiende por el sur, hasta el norte del Perú. La existencia de estas rocas, junto con la división Loja y el complejo Tres Lagunas, a lo largo de la falla Las Aradas, sugiere que esta estructura representa la continuación meridional del frente Baños.

2.2.4 El complejo máfico-ultramáfico de Tampanchi: ¿un intrusivo tipo Alaska?

Estudios posteriores en este complejo alargado (Mapa 2) indican que el cuerpo podría ser interpretado como una serie de envolturas con un núcleo ultramáfico y margen máfico. Así las rocas serpentinitas/ultramáficas pueden ser seguidas al exterior por envolturas de clinopiroxenita, hornblendita y gabro, en algunos lugares pegmatítico. Esta configuración de envolturas se parece a los intrusivos ultramáficos tipo Alaska (Taylor, 1967) tanto en la forma como en la composición. Algunas características de Tampanchi, ej. la ausencia de ortopiroxeno y estratificación ígnea bien definida, también se asemeja al modelo de Alaska.

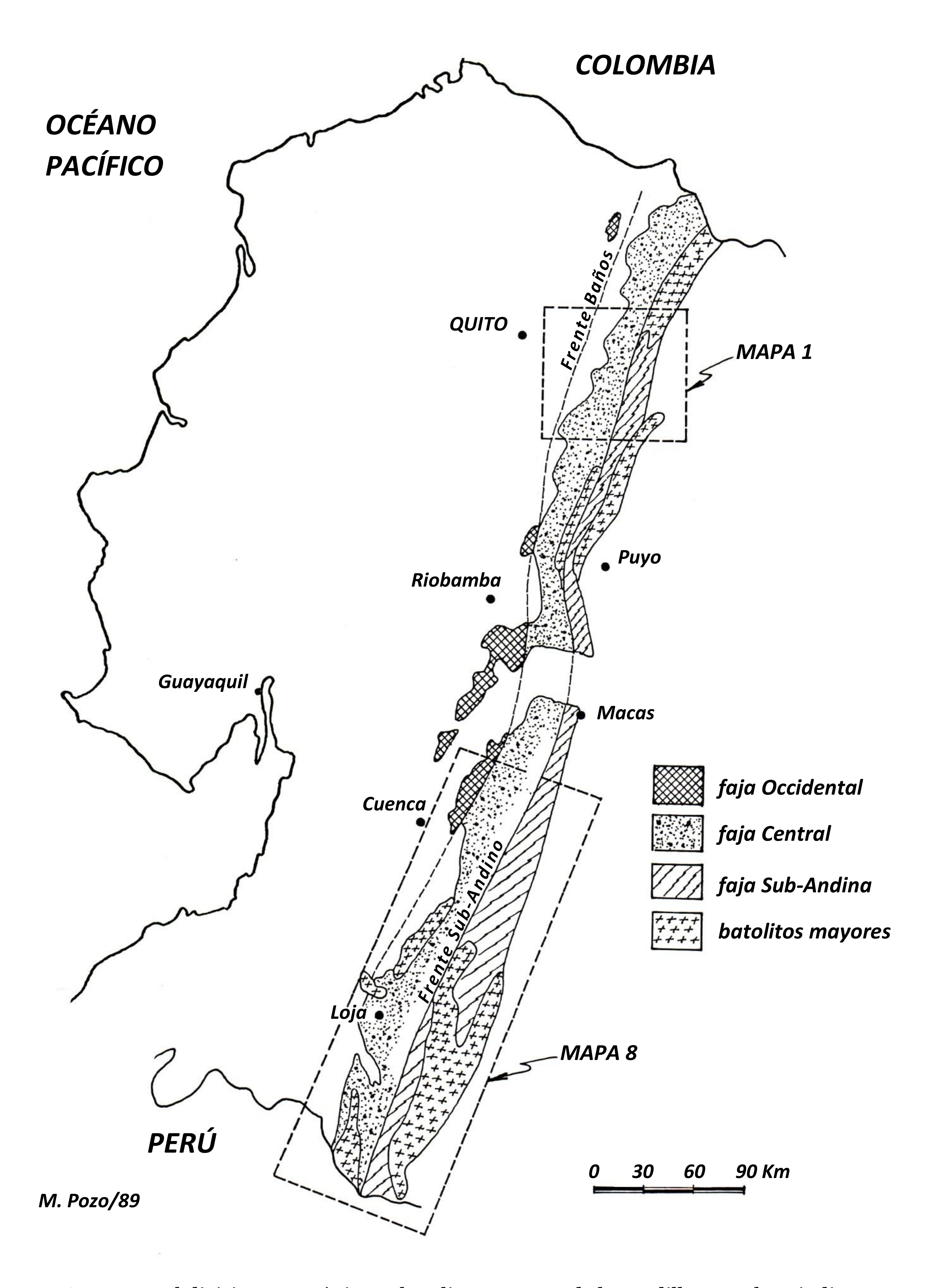


FIGURA 1 Subdivisiones tectónicas y batolitos mayores de la Cordillera Real. Se indica las áreas de trabajo de 1988-1989.

Tales intrusivos han sido identificados desde entonces en los Urales, Venezuela (Murray, 1972), Columbia Británica y Nueva Gales del Sur (Australia; Anon, 1988), y parece que muchos "complejos ultramáficos" anteriores pueden ser interpretados con este modelo y no como ofiolitas alpinas.

Se cree que los intrusivos tipo Alaska ocurren sobre zonas de subducción de larga existencia y puede relacionarse a las gradas de andesitas de profundidad (Hughes, 1982). Debe puntualizarse, sin embargo, que tal interpretación para Tampanchi es provisional.

2.2.5 Nuevas edades para la faja Occidental

(a) Muestras de bloques rodados del Río Jadán, filita negra calcárea con chert de la división Maguazo, han entregado palinomorfos de las etapas Callovian-Oxfordian (Apéndice 9, Informe WH/88/347R). Esto es de ca. 156-169 Ma, o de edad Jurásica Media a Tardía y representa una determinación de edad muy importante para la geología ecuatoriana. Finalmente evita cualquier correlación entre la Formación Yunguilla no-metamórfica (Maestrichtiense) del área de Cuenca y las rocas del complejo metamórfico, como sugirió Bristow et al. (1975), aunque sólo la evidencia de campo es suficiente para denegarlo (Litherland, 1988, p. 13).

(b) Se ha intentado datar las meta-andesitas de la división Alao-Paute por el método K-Ar, pero las edades obtenidas (100 ± 8 Ma y 142 ± 36 Ma) son consideradas como no fidedignas (ver Apéndice 8), ya que fueron basadas en muestras alteradas parcialmente y los minerales separados tuvieron un contenido de potasio muy bajo.

(c) Plutones tardíos no deformados del "basamento" de la faja occidental han sido también datados en el programa K-Ar. El plutón Magtayán (Litherland, 1988, Mapa 1) dio una edad de 75-80 Ma, similar a las dataciones K-Ar de hornblenda de 75 Ma y 85 Ma, dadas en Kennerley (1980). El plutón Pungalá (Litherland, 1988, Mapa 1) dio una edad Eocénica de 45 ± 2 Ma.

2.3 Las fajas Central y Oriental

2.3.1 Introducción

El trabajo llevado a efecto por los dos equipos de campo del Proyecto, en el norte y en el sur de la cordillera ha confirmado la presencia de ciertas divisiones litológicas con rumbo andino, también una estratigrafía tectónica sobre un área tectónica de "nappe" al sureste de Quito. Esta sección intenta resumir la nueva información local y regional.

2.3.2 El conjunto granítico Tres Lagunas y las rocas asociadas del cinturón central

Esta unidad de granito y metagranito (ortogneis), en algunos lugares caracterizado por la presencia de cuarzo azul, ahora ha sido trazado desde Oyacachi, al norte (Mapa 1), hasta la frontera con el Perú en el sur (Mapa 8); así representa un nuevo componente importante en la geología de la Cordillera Real. Invariablemente aflora inmediatamente al este del frente Baños y solamente está ausente al norte de Oyacachi y al oeste de Macas; filones tectónicos angostos son encontrados en la división de mélange ofiolítica de Peltetec de la faja Occidental (Litherland, 1988).

Además de los estudios de campo y microscópicos del Proyecto, hay reportes petrográficos por Atherton (Litherland, 1988, Apéndice 6), y Dangerfield (este informe, Apéndices 5 y 7). Hay además análisis de roca total y una interpretación preliminar por Clarke (Apéndice 6).

La distribución regional del complejo Tres Lagunas en el sur está indicada en el Mapa 8. Aunque la exposición es relativamente pobre y la mayor parte del margen occidental de la cordillera está cubierta por los depósitos del Paleoceno, aparentemente no deformados de la Formación Sacapalca (Baldock, 1982), el límite occidental del conjunto coincide con la zona de la falla de Las Aradas que es considerada para representar la extensión sur del frente Baños.

Mapeo detallado de campo será requerido para establecer los límites de varios cuerpos graníticos, pero es probable que los principales contactos sean tectónicos. La presencia de la unidad en el Río Airo, al norte de Amaluza, y en el Río Elvira, al este de Quilanga, está basada solamente en la ocurrencia de bloques rodados, pero es probable que afloramientos extensivos existan en esta área general de la cordillera.

Al este de Oña (Mapa 14), la extensión al norte del conjunto del área de Tres Lagunas ha sido confirmada, y parece formar un cuerpo intrusivo coherente y continuamente expuesto, aunque deformado y probablemente desprendido, el cual ahora se refiere como el batolito Tres Lagunas, un cuerpo plutónico importante en el mapa geológico del Ecuador.

El límite sur del batolito, i.e. en el área alrededor de la Laguna Grande, falta ser chequeado, pero en el norte, a pesar que al este de Gima está largamente cubierto por depósitos volcánicos jóvenes de la Formación Tarqui, se extiende probablemente dentro del área del Río Santa Bárbara al sur de Sigsig.

Basados en identificación de muestras de mano y la información de lámina delgada, el granito está composicionalmente restringido y probablemente se extiende de monzogranito a granodiorita. Las partes más masivas son típicamente de grano medio a grueso y en algunos lugares llevan megacristales azul-gris de feldespato alcalino en los cuales las maclas tipo Carlsbad pueden ser visibles. No se encuentra hornblenda y la mayor fase máfica es biotita, la cual en lámina delgada es de un color típico pardo-rojizo y puede contener agujas de rutilo simétricamente arregladas. La biotita es relativamente gruesa (sobre 1 cm) y generalmente forma el 10% modal. Esto ocurre tanto en libros como en grumos, los cuales en superficies recientemente cortadas, da a la roca una ligera característica con apariencia manchada. Además, algunas muestras contienen cuarzos azules brillantes; el origen de esta coloración es incierto, pero probablemente está relacionada con los microcizallamientos, los cuales afectan las características ópticas individuales de los cristales.

En superficies cortadas se puede ver que los megacristales de feldespato alcalino contienen normalmente inclusiones de plagioclasa de color crema pálida y/o biotita ± cuarzo. Márgenes angostos de feldespato alcalino azul-gris han sido observados alrededor de los cristales de plagioclasa subhedral anteriores; texturas “tipo rapakivi”, i.e. feldespato alcalino con bordes de plagioclasa, han sido también notados. La plagioclasa, donde está determinada, está normalmente en la rama albita-oligoclasa, mientras que el feldespato alcalino incluye ortoclasa, micropertita, microclina y microclina-micropertita.

Granate puede estar presente y, rara vez, cordierita. Moscovita es muy común, pero en la mayoría de los casos está subordinada a biotita la cual se puede remplazar. También ocurre como un producto de alteración sericítica de los feldespatos. Zoisita y clorita están normalmente presentes al igual que trazas de apatito y opacos.

En algunas áreas, ej. cerca de Tres Lagunas al este de Saraguro, la pirita diseminada es relativamente común. La turmalina, la cual con frecuencia es demostrablemente tardía, está también ampliamente distribuida. Al SE de Gima, cerca de Moriré, ocurre un tipo foliado verde-pálido con turmalina (ver Apéndice 1, muestra CR/FV/359), y granitos de dos micas, “greisens”, los cuales se asume pertenecen al complejo, han sido reportados al este de Saraguro en las partes altas del Río Casaturo (Río Pichanal en el Mapa 8) (UNDP; 1972; Misión Minera de España, 1977). Menores cantidades de la alteración “tipo greisen” están también presentes en la Loma del Inca al este de Las Aradas y al NO de Loja donde está asociada con vetas de pegmatita, cuarzo-feldespáticas ± moscovita ± turmalina. Los xenolitos son relativamente raros, pero los esquistos verdes de origen metavolcánico/volcanoclástico, cuarcitas y variantes “aplíticas” de composición similar al del hospedante, han sido observados. Xenocristales de cuarzo, los cuales pueden alcanzar algunos centímetros en tamaño, están presentes y son especialmente comunes en el cuerpo el cual está expuesto al oeste de Vilcabamba a lo largo del margen oeste de la cuenca Malacatos.

Aunque apartadas de la zona de cizallamiento existen áreas de rocas relativamente masivas, que pueden preservar muchas de las características plutónicas originales; la mayor parte de los granitos, en el sur, están fuertemente cizallados y en apariencia son típicamente gnéisicos. Como regla general estos gneises son de rumbo andino, con foliación de moderada a subvertical. Sin embargo, debería notarse que las áreas que muestran inclinaciones subhorizontales (i.e. <30°) están también presentes. Al norte de Tutupali (Mapa 8), rumbos trans-cordillera han sido notados a lo largo del margen oriental del batolito Tres Lagunas.

Las áreas más intensamente deformadas han sido observadas cerca del frente Baños en el oeste, pero ahora está claro que todo el complejo ha sido afectado, y zonas de cizallamiento (corrimiento?) aunque variablemente desarrollado, están presentes por todo el batolito principal Tres Lagunas. Se asume (aunque no está comprobado) que, hacia el este, el batolito Tres Lagunas originalmente intruyó a las rocas semipelíticas de la división Loja. Sin embargo, ahora se considera más probable que todos los contactos principales son tectónicos y ciertamente los cuerpos más pequeños, por ejemplo, en el área de Sigsig-Principal-Río Collay, son interpretados como lentes limitados por fallas (Mapa 8).

Observaciones de campo y evidencia en láminas delgadas, indican que, en los niveles presentes de exposición, los procesos cataclásticos juegan un papel muy importante en la historia de la deformación, y como tales, estos eventos pueden postdatar considerablemente el emplazamiento del complejo plutónico. Los tipos de rocas más comunes vistas consisten de granito foliado, en algunos lugares con megacristales, gneis de biotita y gneis de ojos, los cuales pueden contener ojos de feldespato alcalino azul-gris ± cuarzo, de hasta 4 cm. Con aumento de deformación, i.e. la proximidad a una zona mayor de cizallamiento, la naturaleza ígnea del protolito es destruida progresivamente. En particular, el tamaño del grano es mecánicamente reducido por un aumento en la abundancia de microcizallamientos a escala milimétrica y el producto típico de este proceso es una roca esquistosa relativamente fino-granular con micro-ojos.

Basado en una colección de 16 muestras, Dangerfield sugirió tentativamente que una secuencia de transformación mineralógica y modificaciones texturales relacionadas al "metamorfismo cataclástico progresivo" pudo ser reconocido en láminas delgadas, y estos están detallados en el Apéndice 7.

Un número de fenómenos de etapas posteriores han sido observados:

(a) El desarrollo de vetas y vetillas de turmalina.

(b) El desarrollo de vetas pegmatíticas de cuarzo-feldespato-moscovita-turmalina.

(c) El desarrollo de vetas, mantos y segregaciones de cuarzo, algunas de las cuales llevan turmalina pegmatítica.

En la mayoría de los casos estos eventos son posteriores, ya que cortan la foliación principal, pero es posible que ellos reflejen los procesos de etapas tardías antes que un evento separado y enteramente más joven.

Al norte del área de tipo Tres Lagunas, el granito es encontrado intermitentemente cerca del frente Baños (Mapa 8) excepto en las secciones del Río Paute y Guamote-Macas. El granito reaparece en la travesía Alao-Huamboya (Palora) (Litherland, 1987).

Al norte de Baños (Río Pastaza) en lugares tan lejos como Oyacachi, granitos, metagranitos y gneis de ojos, miloníticos y esquistos con o sin "huellas" de cuarzo azul, son encontrados casi enteramente dentro de una faja de inclinación "parada" a lo largo del límite occidental de la faja Central (Mapa 1). Rocas asociadas dentro de esta faja mapeable, incluyen paragneises, esquistos de cloritoide-granate-moscovita, esquistos grafíticos, anfibolitas y cuarcitas, en lugares granatíferos. Algunos de estos elementos litológicos han sido notados al norte de Oyacachi en el extremo oeste de las travesías Río Azuela y Sara Urco.

Una faja de rocas “granoblásticas” (granofélsicas) de cuarzo-granate-feldespato, puede ser trazada desde Oyacachi hasta Papallacta (Mapa 1) dentro del dominio metagranítico Tres Lagunas. Ellas están caracterizadas por granates rosado-violeta (hasta 1 cm de dimensión) y cuarzo azul-gris. El porcentaje de las masas sericíticas después que provee de feldespato es insuficiente para un protolito granitoide y pudo, alternativamente, representar la alteración de un silicato de aluminio (cianita?). En el Río Chalpi de Papallacta hay bloques de esta litología y bloques paragneis de migmatita semipelíticos, indicando que esta faja contiene rocas de grado medio a alto (i.e. estas rocas estuvieron empezando a fundirse).

Con respecto al origen del complejo Tres Lagunas, características como: el angosto rango composicional, la presencia de moscovita y la ausencia de hornblenda; la ocurrencia de granate y cordierita, sugieren la presencia de granitos de tipo-S, derivados de la corteza continental e interpretado por muchos geólogos como producto de la fusión de la corteza en la colisión continente-continente. Los análisis químicos y diagramas de variación presentados por Clarke en el Apéndice 4 tienden a apoyar la interpretación tipo-S. El aumento en el grado metamórfico de las rocas huéspedes de sur a norte probablemente refleja un nivel inferior de la corteza, así las rocas de Oyacachi-Papallacta fueron formadas cerca de la zona de fusión.

2.3.3 Rocas metasedimentarias y metavolcánicas de la faja Central

La faja Central de la Cordillera Real es dominada en el sur por el conjunto granítico Tres Lagunas y la secuencia semipelítica de grado bajo de la división Loja (Litherland, 1987; 1988). Sin embargo, al norte de la carretera Gualaceo-Limón, las unidades metavolcánicas y esquistos metasedimentarios también están presentes y su relación con la división Loja es todavía incierta. Un resultado significante de los estudios en el norte, fue el reconocimiento de una unidad semipelítica “tipo Loja”, como parte de una secuencia de “nappe”.

Detalles de la geología de la división Loja en el sur son encontrados en Litherland (1988). Información adicional puede ser resumida como sigue:

(1) Ha sido confirmado que filitas ± grafito y cuarcitas de la división Loja están presentes en la parte occidental de la Cordillera Real al sur de Quilanga y que su límite occidental corresponde a la falla Las Aradas. Es probable que estas rocas se extiendan hasta el Perú, pero basado en la evidencia de xenolitos los cuales fueron encontrados cerca de la frontera con el Perú en el batolito Portachuela, parece que la división Loja disminuye al sur y que allí hay un aumento correspondiente en la anchura de la división de Sabanilla.

(2) Aunque los metasedimentos de la división Loja son generalmente de grado metamórfico bajo, el granate se desarrolla localmente. A lo largo del carretero Gualaceo-Limón, inmediatamente al este de la división de aguas, ocurre una secuencia de foliación subhorizontal en la cual aparecen rocas “esquistosas” ricas en cuarzo, en las cuales el granate está presente en algunos sectores. De acuerdo con Trouw (1976, p. 21), este mineral, junto con biotita, se pierde hacia el este. El granate aparece además como cristales euhedrales pequeños en rocas esquistosas similares, ricas en cuarzo, que afloran en las cabeceras del Río Tres Lagunas al este del Guel (Mapa 8).

Como se puntualizó en Litherland (1988), al norte de la carretera Gualaceo-Limón hay un cambio litológico importante en la cordillera a través de la cual los metasedimentos no-volcánicos de la división Loja son remplazados a lo largo del rumbo por una secuencia variable de esquistos verdes. Aunque las filitas y cuarcitas están todavía presentes, ellas forman solamente un componente relativamente menor en esta secuencia, la cual es considerada de tener un origen principalmente volcano-sedimentario. La naturaleza exacta de este cambio es incierta y un mapeo más detallado será requerido para resolver este problema. Por el momento, sin embargo, los esquistos verdes son mostrados como representantes de una variación lateral de facies en la división Loja en el Mapa 8.

Hacia el norte, el sector de Guamote-Macas de la faja Central está dominado por metasedimentos y metavolcánicos. Hacia el norte en el área de trabajo de 1988-1989, las rocas metasedimentarias y metavolcánicas de la faja Central (Mapa 1), al este de la faja “parada” Tres Lagunas, corresponden a una estratigrafía tectónica con foliación subhorizontal (Tabla 1). El Mapa 1 indica una interpretación geológica del área entre los ríos Oyacachi y Cosanga basada en los datos de las travesías. Contactos geológicos han sido trazados de una travesía a otra, tomando en cuenta la inclinación tectónica original y la topografía; allí no hay ayuda fotogeológica.

2.3.4 Las divisiones (Precámbricas?) de Sabanilla y Masaca

La división de Sabanilla es una unidad compuesta de rocas metamórficas de grado medio a alto (Litherland, 1988). Ocurre como una cuña tectónica en la zona Subandina en el sur de la cordillera (Mapa 8). Consiste principalmente de rocas metaplutónicas, foliadas, posiblemente sintectónicas, pero también incluyen metasedimentos, los cuales contienen granate, estaurolita, sillimanita y cianita. Anfibolitas de hornblenda ± biotita son relativamente comunes especialmente dentro de los metaplutones, pero la forma general de estos sugiere que fueron originalmente diques o mantos básicos. Evidencia preliminar en lámina delgada indica que, aunque los metaplutones son en la mayor parte parcialmente recristalizados, ellos varían de granodiorita a posiblemente tonalita en composición. Biotita ± moscovita subordinada está invariablemente presente, pero hornblenda está aparentemente ausente.

Megascópicamente, los plutones tienen una foliación variable, pero generalmente bien desarrollada. Ellos son frecuentemente homogéneos en apariencia y, en particular, esto es debido a la presencia de numerosos schlieren de biotita (± moscovita) y/o la presencia de xenolitos parcialmente digeridos. Xenolitos gnéisicos son especialmente comunes y en algunos afloramientos es posible ver que una digestión progresiva de este material, produce schlieren de biotita, que están estirados y dispersos dentro del cuerpo principal. Fenómenos de etapas tardías incluyen la presencia de vetas no-deformadas y lentes de pegmatitas de moscovita y/o biotita, también de una pequeña apófisis de granito con turmalina.

En algunas áreas, ej. al norte de Valladolid y en lugares a lo largo del carretero Loja-Zamora (ver también Trouw, 1976), rocas migmatíticas han sido observadas. Parece, sin embargo, que tales rocas no son desarrolladas regionalmente y que pueden ser confinadas a las zonas de contacto de metaplutones, antes que relacionadas a un metamorfismo de grado alto.

Tabla 1. La estratigrafía tectónica de la faja Central sobre la faja "plana" entre los Ríos Oyacachi y Cosanga (el espesor es tectónico, no estratigráfico)

Tope:	Probablemente **el paquete Tres Lagunas** (ver 2.3.2) no está expuesto sobre la faja "plana", sino hacia el oeste, en la faja "parada" Tres Lagunas.
	Skarns Llanganates (ver 2.3.5) tienen casi 200 m de espesor, aflora como sinforma (klippes) de alto nivel.
	Esquistos mixtos: esquistos de moscovita-clorita, esquistos grafíticos y cuarcitas delgadas, de cerca de 400 m de espesor, intercalados con metagranitos tipo Tres Lagunas a lo largo del Río Papallacta.
	Serpentinita: la faja delgada Urcucocha al este del Antisana, probablemente bloques de este nivel; algunos bloques de roca de tremolita.
	Semipelitas: cuarcitas blancas de grano fino y filita negra bandeada y laminada, típicas de la división Loja en el sur, con cerca de 1200 m de espesor y con pliegues visibles D2 con planos axiales subhorizontales.
	Mármol/dolomita: una capa-guía delgada de dolomita silícea con intemperización rojiza en el Río Cosanga; mármol negro en el Río Oyacachi; bloques dolomíticos han sido vistos en el Río Quijos.
	Esquistos grafíticos: predominan en el sector de Oyacachi-Quijos.
	Esquistos pelíticos: más gruesos en el sector septentrional de Oyacachi-Quijos; el conjunto típico contiene moscovita con o sin cloritoide y granate.
Base:	**Rocas verdes:** probablemente de afinidades andesíticas, intercaladas con filitas negras y metagrauvacas.

La mineralogía de Sabanilla indica una corteza de nivel profundo y es posible que la división represente un bloque de corrimiento del basamento Precámbrico a lo largo de la faja Subandina, antes que equivalentes de grado alto de otras divisiones litológicas de la cordillera.

La división Masaca está nombrada por un poblado pequeño localizado al norte de Loja, junto a la carretera antigua que conduce a San Lucas (Mapa 8). Aunque similar a la división Loja, a la cual puede estar relacionada, la división Masaca consiste principalmente de esquistos biotíticos ricos en cuarzo, los cuales contienen menores cantidades de moscovita, plagioclasa y feldespato alcalino. Como se presenta, esta división incluye menores cantidades de esquistos verdes, los cuales están expuestos en una cantera al extremo norte de la cuenca Loja, a lo largo de la carretera que conduce a Masaca. Las inclinaciones estructurales son subvertical y los rumbos son NNE-SSO. Por lo menos donde se ha visto los contactos con la división Loja son fallados.

2.3.5 Rocas de skarn, calco-silicáticas y mármoles de la Faja Central

Las rocas de skarn de la faja de los Llanganates fueron reconocidas en 1986 y el primer campo de skarn fue descubierto en los Llanganates en 1987. La petrología de este conjunto de skarn cálcico magnetítico está detallada en Litherland (1987, Apéndice 5) y Litherland (1988, Apéndice 5). Las características de campo de estas rocas incluyen su naturaleza multicolor: rosado (granate)-verde (epidota)-negro (anfíbol-magnetita) y su apariencia masiva con intemperización de "piel de elefante".

Los estudios más hacia el norte de 1988-1989 han indicado la presencia de la faja de skarn Llanganates sobre los siguientes sectores, de sur a norte (ver Mapa 1):

(a) Un nuevo campo de skarn (el campo Urcucocha) ha sido localizado en un afloramiento de la travesía Antisana-Cosanga (Mapa 3). La unidad forma una pequeña serranía con cerca de 200 m de altura, rumbo norte y ca. 4000 msnm. Cuatro unidades individuales pueden ser mapeadas como una leve sinforma, de segunda foliación tectónica (S2); hay además filones muy delgados del granito Tres Lagunas. Desde la base de la primera (ca. 150 m) y tercera (ca. 50 m) unidades, son rocas tipo "skarn", de masivas a gnéisicas; en este caso comprenden rocas verdes epidóticas de grano medio, granulares a equigranulares con cristales de epidota hasta el 90% modal, con menos cuarzo, carbonato, clorita, anfíbol (azul-verde pálido). Rocas verdes protolíticas de anfíbol con vetas calcíticas pueden ser vistas en un afloramiento que muestra epidotización variable y el total deformado y brechado por la foliación (subhorizontal) principal. La unidad segunda (80 m) y cuarta (50 m) son también similares (repetidas?) de esquisto de grano fino de cuarzo-moscovita-biotita (no cuarcítico, como se indica en el Mapa 3). Cristales feldespáticos originales indican un posible protolito volcánico o volcanoclástico. Fueron notados pliegues recumbentes dentro de la segunda unidad. El campo Urcucocha está interpretado como otro "klippe" de nivel alto del cinturón de skarn de los Llanganates.

(b) En el Río Quijos, arriba de la confluencia con el Río Papallacta, hay bloques grandes de rocas de skarn del tamaño de 5×3×3 m. Estos son los skarns de tipo cálcico-magnetítico clásicos notados en el Río Mulatos (Llanganates, Litherland, 1987; 1988) y comprende sectores de roca de granate rosado, divididos tectónicamente, de sectores verdes ricos en epidota y sectores oscuros ricos en anfíbol-magnetita; todos infiltrados por vetas de cuarzo y calcita. Es probable que estos bloques sean derivados de la extensión norte del campo de Urcucocha (anterior).

(c) En el Río Chalpi de Oyacachi hay bloques pequeños de litologías tipo skarn; ejemplos mejor desarrollados de skarn masivo con asociación de granate piroxeno?-calcita-epidota existen como bloques aguas abajo en el Río Oyacachi. Estos bloques indican la existencia de un campo de skarn en las cabeceras del Río Chalpi, al norte, y posiblemente en el sur (la geotravesía fue a lo largo de la orilla norte del Río Oyacachi).

(d) Un nuevo campo de skarn fue localizado en la ladera occidental de la montaña Sara Urco cerca de 1 km desde la cumbre. Están presentes rocas de tipos ricos en granate y tipos ricos en epidota junto con mármoles negros. En el Mapa 1 se nota la presencia como un "klippe" aislado.

(e) En el Río Diviso, al este de Sara Urco, hay bloques de skarns de granate-epidota tipo cálcico-magnetítico, y calco-silicáticos pálidos. Una mirada al Mapa 1 indica que es poco probable que estos sean derivados del campo Sara Urco, y así otro campo de skarn al este de Sara Urco puede ser propuesto tentativamente.

De este modo, las geotravesías de 1988-1989 en el norte han sido exitosas por permitir delinear la faja de skarn Llanganates por 120 km a lo largo del rumbo de los Llanganates. Estudios del campo Urcucocha indican que las rocas de skarn están preservadas como un "klippe" sinforma. Las inclinaciones son más paradas en el campo Sara Urco y la evidencia de campo para una sinforma está todavía ausente. Sin embargo, la ausencia de afloramientos de skarn en los valles mayores de Papallacta y Oyacachi indican que los afloramientos existen a niveles topográficos altos, desde Urcucocha hasta Sara Urco y de esta manera, la interpretación de todos los campos de skarn como "klippes" aislados está justificada. En este modelo debería haber un campo de skarn entre los Ríos Oyacachi y Papallacta.

Rocas con abundante epidota fueron notadas a lo largo de la carretera Papallacta-Baeza y a lo largo del Río Oyacachi (unión con el Río Santa María). Estos "protoskarns" están probablemente relacionados con la faja plutónica tipo Azafrán, del sector en las rocas verdes hospedantes.

Bloques de calco-silicatos pálidos, mármoles y dolomitas han sido también notados en los drenajes de los ríos septentrionales en la faja Central (Mapa 1, Tabla 1). Los mármoles varían entre blanco, gris y negro y están asociados con los skarns, o derivados de niveles bajos del complejo "nappe". Los mármoles negros de Sara Urco superficialmente se parecen a los de Cerro Hermoso (Litherland, 1988).

2.3.6 Serpentinitas y rocas asociadas de las fajas Central y Oriental

Más ocurrencias de bloques rodados han sido notadas en el norte de la Cordillera Real, y varias divisiones o bandas de serpentinita pueden ser propuestas dentro de las fajas Central y Oriental de la Cordillera Real. Muestras de algunas de estas fajas han sido analizadas en el estudio nacional de complejos ultramáficos (Apéndice 1, Tabla 1). Las siguientes divisiones son propuestas (excluyendo la división Peltetec de la faja Occidental).

(a) La división serpentinítica Soledad está representada por afloramientos en la Quebrada Soledad al sur del Antisana (Mapas 1 y 4). En el afloramiento estudiado, 8 m de serpentinitas se presentan con inclinaciones de ca. 45° al oeste, con una ausencia de exposición al oeste, de 20 m, seguido por otros de 2 m de serpentinita. De esta manera la serpentinita total puede ser de 30 m. Al este y oeste hay filitas negras y grises con láminas cuarcíticas delgadas; el contacto serpentinítico es paralelo a S2 en las filitas. Mirando a lo largo del rumbo puede ser visto que la serpentinita (que sobresale como peñascos rocosos) no está presente en un arroyuelo por lo que se supone que está en forma de lentes.

La división Soledad yace dentro de la faja de rocas gnéisicas/graníticas Tres Lagunas. Al norte y al sur, a lo largo del rumbo y dentro de las mismas rocas, han sido encontrados bloques de serpentinita en los ríos y arroyos, correlacionados, provisionalmente, con la faja Soledad. Las ocurrencias de norte a sur son:

(1) Río Cariyacu (Mapa 3): bloques hasta 2×1×1 m.

(2) Río Chalpi de Papallacta: bloques pequeños de serpentinita y hornblendita.

(3) Río Quijos aguas arriba del Río Papallacta: bloques sobre los 4×4×2 m.

(4) Quebrada Soledad: afloramiento (ver arriba).

(5) Río Mulatos: ver Litherland (1987; 1988).

(6) Quebrada de los Incas (Río Muyo al oeste del Cerro Hermoso): ver Litherland (1988).

Las serpentinitas de la división Soledad son esencialmente rocas masivas, moteadas, de gris oscuro y verde, comprendiendo serpentinita de grano fino con vestigios de ortopiroxeno altamente alterado. Carbonato (magnesita?) puede estar presente como cristales aislados, rara vez como vetas.

(b) La división serpentinítica de Urcucocha está representada por bloques pequeños de serpentinita en las cabeceras orientales y occidentales de la serranía de skarn (Serranía Urcucocha, Mapas 1 y 4). Puede asumirse que un afloramiento delgado de serpentinita existe debajo de la base estructural del skarn. Bloques de esquistos ultramáficos y rocas asbestiformes tipo tremolítica-serpentinita están también presentes. La serpentinita está más fuertemente cizallada que la de la faja Soledad, con carbonato y talco como elementos predominantes.

(c) La división serpentinítica subandina está manifestada por el ingreso de bloques enormes de serpentinita de hasta 6×5×5 m de tamaño en el curso medio a inferior del Río Cosanga. Los bloques serpentiníticos en el Río Aliso y el Río Bermejo (Mapa 1) pueden ser también derivados de esta faja. Los bloques en el Río Quijos aguas arriba desde Baeza (ver también Colony y Sinclair, 1932) pueden también pertenecer a esta faja, pero los esfuerzos para relacionarlos con una fuente cercana han fallado y pensamos que ellos son derivados de la faja Soledad.

(d) La división ultramáfica Zumba está expuesta en el sur de la Cordillera Real, a lo largo de la carretera principal al este de Zumba (Mapa 8), como afloramientos menores de serpentinitas, piroxenitas de olivino, rocas tremolíticas, ultramáficas y gabros.

La división define la falla occidental que divide la cuenca Terciaria Zumba de la división Isimanchi (metamórfica). Hacia el este, cerca de la unión de los Ríos Isimanchi y Mayo, existen xenolitos en el batolito Río Mayo, que incluyen gabros hiperesténicos y rocas fuertemente cloritizadas y epidotizadas, que pueden relacionarse con la división ultramáfica de Zumba.

La travesía Micacocha-Cosanga (Mapa 4) indicó que el complejo de "nappe" de la faja Central y la faja Oriental parada contiene tres divisiones de serpentinitas, todas con las mismas características litológicas y composicionales. Dentro del esquema del complejo de "nappe" (Fig. 2), se sugiere que estas unidades representan filones imbricados de un cuerpo serpentinítico común.

2.3.7 Rocas pre-Cretácicas volcano-sedimentarias de la faja Oriental

Las relaciones exactas de las rocas "pre-Cretácicas" a través del frente Subandino, yacen de algún modo en el campo especulativo. Por esta razón, aquellas rocas situadas al este, ej. dentro de la faja Oriental, son tratadas separadamente.

En el norte, la unidad "cratónica" Misahuallí (Jurásico) de andesitas continentales, riolitas, aglomerados y tobas, puede ser trazada hacia el oeste a través del "frente cratónico" (Mapa 1) dentro de la faja Oriental (Subandina), a lo largo del cual el corrimiento terciario ha afectado también las Formaciones cretácicas. Hacia el oeste la Misahuallí cizallada es remplazada (?) bajo de la Formación Hollín, por una secuencia dominada por rocas verdes y aglomerados verdes clivados y más hacia el oeste por rocas verdes, esquistos verdes, metawackes y mármoles menores, una secuencia que se parece a las rocas verdes en la base de los "nappes" de la faja Central (Tabla 1). De esta forma existe la posibilidad de que las tres secuencias volcánicas sean de la misma edad.

En el sur, las rocas volcánicas continentales relacionadas a la división volcano-plutónica subandina están separadas de "una división metasedimentaria más antigua", ahora referida como la división Isimanchi en el Mapa 8. Las secuencias volcánicas comprenden principalmente andesitas y a menor escala dacitas y posibles andesitas basálticas. Al este de Limón y Copal, dentro de la faja Oriental, los volcánicos/volcanoclásticos están interestratificados con mármoles, y como en el norte, llegan a estar progresivamente deformados. Las rocas metasedimentarias de la división Isimanchi, que también aparece en la faja Oriental, consiste de sedimentos volcanoclásticos regionalmente metamorfizados de grado bajo, y algunos volcánicos con horizontes significativos de mármol.

2.3.8 Rocas plutónicas pre-Cretácicas calco-alcalinas de las fajas Central y Oriental

Son representadas por el batolito Abitagua y el complejo Azafrán en el norte; y por el batolito Zamora-Río Mayo en el sur.

(a) El batolito Abitagua, ca. 160 Ma (Litherland, 1988), es un cuerpo granito/diorita esencialmente no-deformado que intruye los volcánicos continentales (presumiblemente de la Unidad Misahuallí) y yacen dentro de la zona "cratónica".

(b) El complejo Azafrán ha sido trazado desde Azafrán (Río Pastaza) al norte del Río Mulatos (Litherland, 1988). No hay afloramientos en las secciones Antisana-Cosanga y Papallacta-Baeza, pero más hacia el norte a lo largo de los ríos Oyacachi y Salado fueron notados afloramientos y bloques de las litologías de tipo Azafrán. Estos están dominados por granodiorita y diorita, gnéisicas en ciertos lugares y llevan xenolitos máficos. Gabros, hornblenditas y granitos están subordinados, aunque en el Río Oyacachi predominan granitos gnéisicos. En el Río Diviso la diorita intruye un pórfido feldespático, similar a las rocas vistas en el Río Chalupas y similar en composición a la monzonita de cuarzo de la cantera Azafrán. Otra litología menos típica de Azafrán, es una diorita de grano medio, con cristales euhedrales de hornblenda de hasta 1 cm de longitud.

    El patrón de afloramiento de las rocas de tipo Azafrán en el Mapa 1, puede ser interpretado en términos de niveles estructurales; a los niveles más altos las rocas plutónicas están cubiertas tectónicamente por la secuencia de "nappes". Si este es el caso entonces el complejo plutónico Azafrán representa un batolito mayor de más de 150 km en longitud.

(c) El complejo Zamora-Río Mayo está extensamente expuesto en el sur y está asociado por sus productos volcánicos y subvolcánicos. Todo el conjunto plutónico está considerado esencialmente de pertenecer al "tipo-I", i.e. relacionado a la zona de subducción; típicamente, las rocas plutónicas tienen un rango de composición desde diorita/cuarzodiorita a granodiorita. Los granitos verdaderos son extremadamente raros.

2.3.9 Formaciones Cretácicas a Terciario Inferior de la faja Oriental

Estas incluyen las Formaciones cretácicas Hollín y Napo y la Formación Tena del Cretácico Superior al Paleoceno Inferior. Las tres unidades están presentes en el norte; al oeste del "límite cratónico" (Mapa 1) tales unidades están deformadas por el corrimiento Terciario a lo largo de la faja Oriental (Subandina).

El panorama es similar en el sur y en el extremo sur las dos Formaciones de Hollín y Napo han sido confirmadas paleontológicamente (ver 2.3.10). Así en los Ríos Vergel y Panguri (Mapa 8) las fangolitas con amonites están atribuidas a la Formación Napo y los bloques de areniscas blancas a rojas pálidas limpias a la Formación Hollín, y así estas unidades están más diseminadas en el SE del Ecuador como se supuso previamente.

2.3.10 Nuevas edades de las fajas Central y Oriental

(a) Edades K-Ar del Devónico (Apéndice 8) son notadas de los diques de anfibolita cerca de Papallacta. Aunque este paquete de rocas incluye el conjunto Tres Lagunas, es de grado más alto que los alrededores; es prematuro interpretarlo como un basamento más antiguo sólo por estas dataciones.

(b) Bivalvos del Triásico de posible edad Noriense han sido identificados en el Río Piuntza, al este de Zamora (Apéndice 9, No. WH/89/28R), en unas limonitas calcáreas; ha sido interpretado como un megaxenolito en el batolito Zamora y de posible equivalencia a la división Isimanchi

(c) Amonites del Jurásico, de edad Sinemuriense han sido identificados en la Formación Santiago (Apéndice 9, No. WH/89/85R).

(d) Edades K-Ar jurásicas han sido registradas en los batolitos de Abitagua, Río Verde (Azafrán), Zamora y Río Mayo (Apéndice 8), así están confirmadas las edades Rb-Sr (Litherland, 1988). Sin embargo, mientras el método Rb-Sr "atribuye" al batolito Abitagua una edad cercana a 160 Ma, los métodos K-Ar siguen sugiriendo un "evento" más joven de 120 Ma en Azafrán. Para el batolito Zamora-Río Mayo hay el rango de 195-125 Ma (Jurásico Temprano-Cretácico Temprano).

(e) Las edades K-Ar cretácicas son numerosas (Apéndice 8), pero algunas pueden ser relacionadas a un "reajuste" a nivel isotópico-cronológico. El plutón Pimampiro en la faja Central cerca de Ibarra da una edad de 81 ± 3 Ma, muy similar a la de Magtayán en la faja Occidental (ver 2.2.5). Una edad similar, ca. 80 Ma, está indicada como un evento de reajuste del granito Tres Lagunas en la Mina Peggy y en el gneis de granate Agoyán, ambos cerca del frente Baños. El basamento de Sabanilla-Valladolid indica también este evento de reajuste.

(f) Amonites del cretácico (Albiense Medio) han sido registrados de la Formación Napo al SE del Ecuador (Apéndice 9, No. WH/88/416R). Palinomorfos cretácicos fueron también notados en algunas muestras (Apéndice 9, No. WH/89/89R).

(g) Edades del Terciario Inferior (Apéndice 8) apoyan la evidencia de campo para la existencia de stocks post-tectónicos, esencialmente no-deformados, y plutones pequeños en la faja Central que provee una edad mínima para el metamorfismo regional. Estas nuevas dataciones apoyan esencialmente a aquellas de Kennerley (1980), Herbert y Pichler (1983) listadas en Litherland (1987). Los plutones son los de San Lucas, Amaluza y los stocks de granodiorita sin nombre a lo largo de las carreteras de Limón-Gualaceo y Loja-Catamayo (Mapa 8), también como el plutón Pungalá de la faja Occidental (ver 2.2.5). Todos muestran edades K-Ar en el rango de 40-60 Ma. El complejo Azafrán indica dataciones reajustadas en este rango.

(h) Edades K-Ar del Terciario Superior (Apéndice 8) se piensa que reflejan la intrusión del batolito Portachuela (Mapa 8) y el reajuste de los plutones Chingual y Sacha que ocurren a lo largo de la frontera colombiana.

2.4 Tectónica

La sección esquemática a través de la Cordillera Real (Fig. 2) interpreta la "faja parada" de los sectores de Llanganates y Sara Urco-Río Salado como estructuralmente debajo de la "faja plana" del sector de Micacocha-Cosanga/Oyacachi-Chaco. La naturaleza de la transición a lo largo del rumbo de las foliaciones paradas de Azafrán y Cerro Hermoso (donde existe una sola fase de pliegues con planos axiales parados) al norte hasta el Río Cosanga, donde las estructuras son subhorizontales, y relacionadas a la segunda foliación, tiene que ser mapeada, pero el esquema en la Fig. 2 es la interpretación más probable siguiendo las líneas tectónicas modernas de sobrecorrimiento (e.g. Butler, 1983), lo cual interpreta la transición como un sobrecorrimiento de techo tipo dúplex (de Paor, 1988) de edad D2 fluyendo sobre estructuras paradas D1 (Cerro Hermoso). Con optimismo, el trabajo futuro del proyecto puede definir el contacto en el área del Río Chalupas. Así la faja plana está interpretada como una depresión mayor del buzamiento, marcada por la presencia de unas capas de corrimiento de nivel alto tales como los skarns Llanganates expuestos como "klippes" erosionales.

En el sur de la Cordillera Real el patrón tectónico es de estructuras D2 esencialmente paradas, aunque existen zonas de clivaje plano. Lentes limitados por fallas, interpretados para representar "caballos" (Butler, 1983), han sido reconocidos, y es probable que las rocas en el sur estén controladas por peñascos imbricados al este de la misma manera que la faja parada en la Fig. 2.

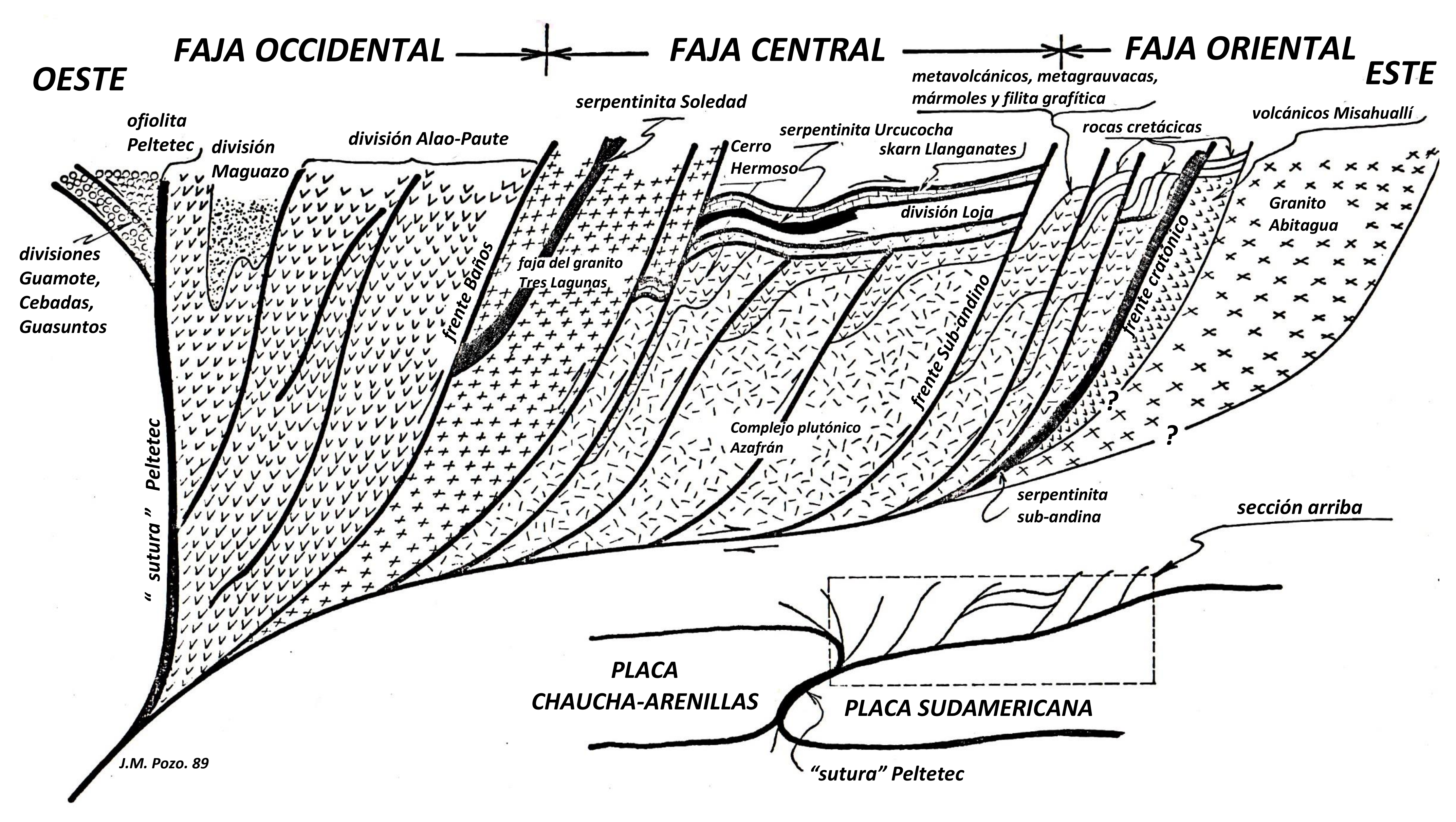


FIGURA 2 Sección esquemática por el norte de la Cordillera Real basada en el modelo de colisión continental.

2.5 Interpretación regional

Los elementos que deben ser tomados en cuenta en cualquier modelo evolucionario de la Cordillera Real pueden ser resumidos de oeste a este como sigue:

(a) En la faja Occidental la "sutura" ofiolítica Peltetec separa sedimentos continentales de corrimiento al oeste (divisiones de Guamote, Cebadas y Guasuntos) del "antearco" (división Maguazo) y "arco-isla" (división Alao-Paute), unidades de edad Oxfordian-Callovian. Estas rocas están cubiertas por sedimentos del Cretácico Superior (Formación Yunguilla) cerca de Cuenca.

(b) La faja Central comprende una secuencia de corrimiento incluyendo granitos de "tipo-S" (Tres Lagunas), con un posible basamento más antiguo en Papallacta, sobrecorriendo a las rocas de skarn y sedimentos de derivación continental (división Loja), corriendo en turno sobre las unidades de "arco-isla" del complejo plutónico Azafrán y los volcánicos, grauvacas y mármoles asociados. Hay serpentinitas delgadas a lo largo de los planos de corrimiento.

(c) En la faja Subandina, las rocas de Azafrán tipo "arco" son corridas contra el arco volcánico-plutónico subandino continental de edad Jurásica. Puede existir cambios de facies estratigráficas de oeste a este uniendo el "arco-isla" Azafrán, el arco subandino continental y más al este la unidad jurásica inferior de Santiago/Chapiza.

Los datos litológicos y estructurales mencionados arriba están todavía de acuerdo dentro de un modelo de colisión continente-continente (Fig. 2), en la que varios elementos son finalmente barridos dentro de la zona de colisión entre los continentes de Sudamérica y Chaucha-Arenillas, probablemente en épocas Jurásicas Tardías (pre-Formación Hollín). Como se puntualizó en Litherland (1988), la naturaleza de la faja de corrimiento sugiere que la placa sobremontada fue la de Chaucha-Arenillas, no la de Sudamérica como fue pronosticado por los patrones Cenozoicos.

La presencia de corrimientos imbricados de unidades Cretácicas a lo largo de la zona Subandina podría ser usada como un argumento para una orogenia (de colisión) Terciaria involucrando elementos jurásicos y cretácicos. Esto puede ser negado en la faja Occidental por la presencia de la Formación Yunguilla de edad Cretácica Superior que sobreyace discordantemente a rocas metamórficas, y, en la faja Central, por la presencia de intrusivos no-deformados de edad Terciaria Inferior. Así parece como que la faja Subandina representa el rejuvenecimiento de los fallamientos de colisión más antiguos (Jurásicos) durante el proceso de levantamiento andino del Terciario Tardío.

Aunque el Mapa 1, no es un mapa geológico preciso, señala las vías para una investigación geológica futura en la Cordillera Real; una estratigrafía tectónica puede ser elucidada con bandas de guías potenciales: skarn, serpentinita, mármol, etc. Además, en términos de interpretación regional, el reconocimiento de la división Loja en los "nappes" del norte es particularmente significante. En la Fig. 2 está claro que mientras el corrimiento tectónico del complejo representa dificultades en definir una estratigrafía "clásica", se pueden hacer tentativas para "restaurar" tales secciones a sus posiciones pretectónicas y ayudar a definir los detalles de la historia geológica.

Elementos del modelo de "colisión" pueden ser trazados a lo largo de la Cordillera Real hasta el Perú. Así la división Alao-Paute, frente Baños y el conjunto Tres Lagunas no parecen cruzar al oeste hacia la "sutura" Raspas de la faja metamórfica El Oro (ver Litherland, 1988, Apéndices 8 y 9), pero más bien parece truncar el rumbo de El Oro en la forma de la falla Las Aradas, indicando así una continuación al sur del bloque occidental de Chaucha-Arenillas, y una extensión de la faja de colisión hasta el norte de Perú.

3. OCURRENCIAS MINERALES Y ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

Como se indica en Litherland (1987, 1988) las agrupaciones minerales concuerdan con las del Mining Journal. Solamente las ocurrencias minerales y las anomalías geoquímicas encontradas por el Proyecto, o en estudios relacionados con el mismo en el periodo señalado, son anotadas aquí. Estas ocurrencias están integradas en el Capítulo 4 con información previa y extra del Proyecto.

3.1 Metales preciosos

3.1.1 Oro y plata

En las investigaciones regionales (geotravesías), el oro fue bateado por los equipos del Proyecto, o visto en explotaciones artesanales, en muchos ríos. Las ocurrencias de oro en el sur están indicadas en un mapa especial (Mapa 10) y la del norte en el Mapa 1.

Algunas rocas recogidas en las geotravesías indican las siguientes trazas de oro y plata:

(a) Del complejo ultramáfico/máfico (Apéndice 1, Tabla 1), el valor más alto de oro fue de 176 ppb de una piroxenita de Tampanchi.

(b) En las nuevas ocurrencias de skarn Llanganates, se reportaron valores de oro de 0.35 ppm, de bloques en el Río Quijos y hasta de 8 ppm Ag de afloramientos del campo de skarn de Urcucocha (Apéndice 1, Tabla 4).

(c) La mineralización de Cu en granitos tipo Azafrán en el Río Oyacachi produjo 0.35 ppm de Au (Apéndice 1, Tabla 4).

(d) Las muestras ricas en sulfuro de las zonas cizalladas del batolito Portachuela cerca de la Laguna Cox, contienen hasta 50 ppm de Ag y 480 ppb de Au (Apéndice 1, Tabla 3). Éstas están expuestas a lo largo del camino que conduce a Zumba (Mapa 13). Los cizallamientos tienen un rumbo entre 20° y 50° e inclinación, generalmente moderada, al este. La zona de mineralización, que consiste principalmente de pirita, calcopirita y esfalerita, tiene algunos metros de ancho y está asociada con diques de andesita tardíos y porfiritas feldespáticas que cortan el batolito. Las muestras fueron recogidas del banco sur del Río Isimanchi, y la intemperización roja, oxidada, de la zona de azufre puede ser también vista en el banco norte, ca. 750 m aguas arriba de la unión del Río de los Colorados.

(e) En el banco sur del Río Mayo cerca de la carretera a Palanda, se reporta 1.12 ppm de Au de una veta de 1 mm rica en cobre en una granodiorita (Apéndice 4).

(f) Existe una anomalía fluvial de 19 ppm Ag (Apéndice 4, No. F111) del Río Chalpi de Papallacta.

(g) También una anomalía fluvial de 12 ppm de Ag (Apéndice 2) del Río Cosanga (Mapa 4).

(h) Otra anomalía fluvial de 7 ppm de Ag (Apéndice 2) en el Río Azuela (Mapa 5).

(i) Anomalías fluviales de 5 y 4 ppm de Ag fueron detectadas en el Río Diviso y la confluencia con el Arroyo El Tuerto (Mapa 7). Los ríos drenan el complejo "arco-isla" Azafrán.

(j) La muestra fluvial A-108 dio 4 ppm de Ag concordante con las anomalías Zn-Pb (Apéndice 2). La muestra es de un arroyuelo pequeño que drena en el Río Santa Bárbara aguas arriba de la Mina Peggy (ver Mapa 13 en Litherland, 1988). El arroyo drena un afloramiento del granito Tres Lagunas, pero la anomalía Zn-Pb sugiere la extensión de la mineralización de tipo Mina Peggy.

(k) Una anomalía geoquímica (fluvial) de 4 ppm Ag concordante con la anomalía Zn (205 ppm) (Apéndice 2) fue analizada de la muestra A-206 del Río Boliche (Mapa 11, Litherland, 1988).

En la investigación de seguimiento de Clarke y Viteri (Apéndice 4), fueron ensayados los siguientes valores de oro y plata de las rocas recolectadas de las minas y prospectos:

(a) Fueron recolectados valores en la Mina Peggy hasta 0.66 ppm de Au y 222 ppm de Ag, con una proporción Au:Ag de 1:100.

(b) En el área del Río Ayllón (tributario del Río Santa Bárbara, cerca de la Mina Peggy) fueron registrados valores de hasta 635 ppm de Au y 246 ppm de Ag, con una proporción de Au:Ag de 2:1. Las muestras fueron recogidas de los bloques del río y de las colas de labores mineras.

(c) En las Minas de Nambija fueron registrados valores de hasta 442 ppm de Au y 17 ppm de Ag, con una proporción de Au:Ag de 15:1. Las muestras fueron recogidas especialmente de las labores mineras de El Arco, Playón y Mapasingue.

(d) En el prospecto de oro Chinapintza fueron registrados valores de hasta 363 ppm de Au y 250 ppm de Ag. Es notable que la plata fue encontrada contenida en galena.

(e) En el prospecto de oro Piuntza fueron registrados valores de hasta 7.32 ppm de Au y 38 ppm de Ag.

(f) En el prospecto de oro Los Planes fueron registrados valores de hasta 233 ppm de Au y 62 ppm de Ag.

3.2 Metales mayores principales

3.2.1 Cobre

(a) Valores de hasta 6.38% de Cu fueron registrados de las muestras de la Mina Peggy, y hasta 0.36% de Cu del área del Río Ayllón (Apéndice 4). Fueron notados los minerales de Cu como calcopirita, pirita de estaño y bournonita ($PbSbCuS_3$), (Apéndice 6).

(b) Fue registrado 7189 ppm de Cu (Apéndice 1, Tabla 3) en bloques rodados mineralizados de volcánicos félsicos Terciarios en el área de Principal (Litherland, 1988, Mapa 12).

(c) La calcopirita fue notada y valores de hasta 2873 ppm de Cu fueron registrados de las zonas cizalladas mineralizadas ricas en sulfato (ver 3.1.1) en el batolito Portachuela (Apéndice 1, Tabla 3).

(d) Fue registrado 0.1% de Cu del ortogneis mineralizado tipo Azafrán del Río Oyacachi (Apéndice 1, Tabla 4).

(e) En el Río Chalpi de Oyacachi bloques rodados de esquistos negros ferruginosos contienen trazas de calcopirita y azufre (Mapa 3).

(f) Bloques rodados de rocas verdes epidotizadas ("proto-skarn") con pequeña mineralización de sulfuro/calcopirita fueron notadas en los Ríos Oyacachi y Santa María (Mapa 3).

(g) Valores de Cu de 840 ppm y 499 ppm fueron obtenidos de sedimentos fluviales de la quebrada San Roque y Napurca respectivamente: tributarios del Río Yacuambí (Apéndice 2) (Litherland, 1988, Mapa 15). El "background" de la región de 50 ppm de Cu. Las corrientes drenan del complejo volcano-plutónico Zamora.

3.2.2 Plomo y zinc

(a) En las investigaciones de seguimiento (Apéndice 4) valores de hasta 1.06% de Pb y 31.1% de Zn fueron obtenidos en las muestras de la Mina Peggy; hasta 1.72% de Pb y 3.07% de Zn en el área de Ayllón; y hasta 0.11% de Pb y 5.27% de Zn en Chinapintza. Los minerales identificados incluyeron boulangerita, galena, esfalerita y bournonita.

(b) Las muestras de la zona mineralizada del batolito Portachuela (ver 3.1.1) producen hasta 1086 ppm de Pb y 915 ppm de Zn (Apéndice 1, Tabla 3). Fue notada esfalerita en el campo.

(c) Las rocas epidóticas del campo de skarn Urcucocha (Mapa 4) analizaron hasta 840 ppm de Zn (Apéndice 1, Tablas 2 y 4).

(d) Valores “anómalos de sedimentos fluviales alcanzan hasta 320 ppm de Pb y 395 ppm de Zn (Apéndice 2). El valor de Zn más alto es del Río Aliso (Mapa 4).

3.2.3 Estaño

En la investigación de seguimiento (Apéndice 4), fueron notados valores de hasta 7684 ppm de Sn de las muestras de la Mina Peggy, en donde fueron identificadas casiterita y estannita. Casiterita “común” en una muestra de mineral pesado del Río Pichanal al este de Saraguro, confirmó una anomalía de estaño previa (UNDP, 1972).

3.3 Metales de la industria del acero

3.3.1 Cromo

Mientras el promedio de los cuerpos ultramáficos es de cerca de 1000 ppm Cr (Apéndice 1, Tabla 1), una muestra de la faja Urcucocha produjo 4079 ppm, pero esto es apenas más que los niveles estándares (1000-3000) para los complejos ofiolíticos del mundo (Hutchinson, 1983).

3.3.2 Cobalto

Muestras rodadas de las rocas de skarn en el Río Quijos dan valores “anómalos” de Co hasta 1100 ppm (Apéndice 1, Tablas 2 y 4).

3.3.3 Hierro y Manganeso

(a) La magnetita está presente en los bloques de skarn en los ríos Quijos y Oyacachi y en el campo de Sara Urco, pero no fueron vistos bloques grandes de roca de magnetita.

(b) Los valores analíticos de hierro y manganeso (Apéndice 1) no indican muestras de interés económico.

3.3.4 Molibdeno

(a) La travesía a través del campo de skarn Urcucocha (Mapa 4) desde la cresta hasta la Laguna Urcucocha, presenta una pared de exposición en el flanco septentrional de aquel paso. Esto comprende principalmente roca epidótica verde masiva, con una foliación de fractura subhorizontal, derivado de un protolito de roca verde volcánica. Molibdenita fina diseminada con cristales de pirita más grandes (hasta 1 cm) están presentes en los afloramientos de roca sobre una distancia lateral de por lo menos dos metros, pero probablemente de menos de 10 m. Las superficies de fractura indican un mineral suave, de intemperización rosada. Los análisis indican 3000-5000 ppm de Mo (Apéndice 1, Tabla 2). Es interesante notar el valor “anómalo” de Mo con 27 ppm en la división serpentinítica adyacente (Apéndice 1, Tabla 1).

(b) Valores “anómalos” de Mo con ca. 20 ppm (Apéndice 2), se encuentran en los sedimentos fluviales del Río Diviso (Mapa 7).

3.3.5 Níquel

Valores (1000-3000 ppm) de Níquel en rocas ultramáficas (Apéndice 1, Tablas 1 y 4) son típicas de ofiolita (Hutchinson, 1983) y no son de interés económico.

3.3.6 Tungsteno

En la investigación de seguimiento, fue notada scheelita en muestras de minerales pesados en las áreas de la Mina Peggy, Ayllón, Malacatos y Saraguro (Apéndice 4, Tabla 1); los resultados de Ayllón son particularmente interesantes. Las muestras de roca en la Mina Peggy dieron hasta 5979 ppm de W; fue identificada wolframita abarcando 60-70% de ferberita (Apéndice 6).

3.3.7 Vanadio

(a) Es interesante notar los valores anómalos de hasta 1900 ppm de V de las rocas de skarn conteniendo Mo (Apéndice 1, Tablas 2 y 4). Sin embargo, estos no son de interés económico.

(b) Hay anomalías de sedimentos fluviales de vanadio de 296, 316 y 655 ppm las cuales se correlacionan con las anomalías de Fe y Ti (Apéndice 2) de muestras que drenan el complejo plutónico-volcánico Río Mayo; con la Formación Hollín representada como bloques rodados (Mapa 11). Las anomalías de Fe y Ti pueden relacionarse con ilmenita en las rocas plutónico-volcánicas, pero la fuente de vanadio alto no es conocida.

3.4 Minerales combustibles

3.4.1 Petróleo

(a) Tanto la Formación Santiago del levantamiento Cutucú, a lo largo del camino nuevo de Pituca a Santiago, como la Formación Napo en el Río Vergel al sur de La Canela (Mapa 11), tienen un olor fuerte de hidrocarburos y por esta razón puede haber una fuente potencial de este recurso. No hay geoquímica disponible para estas muestras, pero los informes paleontológicos están incluidos en el Apéndice 9.

(b) Algunos bloques de la Formación Napo en el Río Salado (Mapa 7) tienen olor de hidrocarburos.

3.5 Minerales y metales eléctricos

3.5.1 Cadmio

Muestras de la Mina Peggy producen hasta 0.265% de Cd (Apéndice 4).

3.6 Minerales y metales de la industria química

3.6.1 Antimonio

(a) Valores de hasta 0.49% de Sb fueron reportados en las muestras del área de Ayllón (Apéndice 4); fueron identificados los minerales boulangerita y bournonita.

(b) Valores "anómalos" Sb (13 ppm) correspondientes a los valores "anómalos" Bi se presentan en una muestra de skarn del Río Oyacachi (Apéndice 1, Tabla 2), y las dos muestras de la zona mineralizada del batolito Portachuela dieron 402 y 53 ppm Sb (ver 3.11) (Apéndice 1, Tabla 3).

3.6.2 Bismuto

(a) La investigación de seguimiento reportó hasta 0.58% Bi de las muestras de la Mina Peggy. Fue identificada bismutinita (Apéndice 4).

(b) Valores "anómalos" Bi, correspondientes a valores "anómalos" Sb, se presentan en una muestra de skarn del Río Oyacachi (14 ppm) (Apéndice 1, Tabla 2), y las dos muestras de la zona mineralizada en el batolito Portachuela que dieron 12 y 29 ppm Bi (ver 3.1.1) (Apéndice 1, Tabla 3).

3.6.3 Caolín

De nuevo, han sido reportados diques y pórfidos microfeldespáticos intemperizados, caoliníticos. En el Río Salado (Mapa 7), una capa subvertical de pórfido feldespático de 1 km de espesor indica perfiles caoliníticos fuertemente intemperizados, en ciertos sectores.

3.7 Aislantes y refractarios

3.7.1 Asbesto

Bloques pequeños de asbesto de tremolita se encuentran en la Quebrada Chiriyacu (Mapa 4), y vetas pequeñas (1 cm) de asbesto de antigorita fueron notadas en bloques de serpentinita en las cabeceras del Río Cosanga. Ninguna ocurrencia es de interés económico.

3.7.2 Grafito

El grafito es común en las rocas metamórficas de la Cordillera Real. Bandas de grado alto, hasta 1 m de espesor, fueron vistas en la Quebrada El Tuerto (Mapa 7), pero es poco probable que tengan interés económico.

3.8 Otros minerales industriales, rocas y piedras preciosas

3.8.1 Carbonato

(a) En la faja Subandina hay abundantes afloramientos de caliza negra de la Formación Napo.

(b) Las rocas metamórficas de la faja Central contienen horizontes de carbonato normalmente vistos como bloques rodados menores. El tamaño de los bloques indica banda(s) de menos de un metro de espesor. Fueron encontrados en Sara Urco mármoles negros asociados con skarns. En el Río Diviso y el Arroyo El Tuerto (Mapa 7) hay bloques de mármol puro y blanco de grano medio.

(c) Mucho del carbonato de "guía" en el complejo "nappe" de la Tabla 1, parece incluir dolomita impura de intemperización rojiza.

(d) Se ha notado ocurrencias pequeñas de travertino (Mapas 3 y 4), pero sin significado económico.

3.8.2 Granate
De nuevo, roca de granate de pureza alta ha sido vista como un elemento importante en los campos de skarn en el norte. Sin embargo, la litología es normalmente encontrada como bandas tectónicas, de no más de 20 cm de espesor.

3.8.3 Cuarcita
La Formación Hollín es de importancia potencial para la industria del vidrio.

3.8.4 Piedra ornamental
Sin detallar nada, existen varias piedras "atractivas" derivadas de las unidades geológicas mayores. Estas incluyen el conjunto granítico Tres Lagunas (cuarzo azul, feldespato ahumado); el granito Abitagua (localidades con megacristales feldespáticos rosados); y varios tipos de roca de skarn rosado-verde-negro.

3.8.5 Talco
Hay bloques pequeños de esquistos de talco en la Quebrada Ñancaroyacu y bloques serpentiníticos ricos en talco en las cabeceras del Río Cosanga (ambos en el Mapa 4). Ninguno es de interés económico.

3.8.6 Turmalina
Ha sido vista turmalina (chorlo) en rocas asociadas con el conjunto de granito Tres Lagunas (2.3.2). Las vetas y nódulos de cuarzo-turmalina mejor desarrollados han sido vistos en la Quebrada Macuchi (Mapa 14); los cristales de turmalina alcanzan 2 cm de longitud. Investigaciones de seguimiento han localizado también turmalina (Apéndices 4-7). También fue vista turmalina (chorlo) en las pegmatitas tardías dentro de los esquistos micáceos de Sara Urco (Mapa 6), junto al campo de skarn. No se notó turmalina de calidad de gema.

4. POTENCIAL MINERAL REGIONAL

4.1 Introducción

Mientras los nuevos datos del potencial mineral de la Cordillera Real son provistos por el Proyecto y el sector privado, la clasificación regional parece ser más difícil. Esto es debido a nuevas evidencias de que muchos prospectos minerales importantes, dentro de la provincia metamórfica, están relacionados a un volcanismo Cenozoico joven. De este modo, la distribución de depósitos metálicos sobre la Cordillera Real se relaciona probablemente a muchos factores, por ejemplo:

(1) Procesos metalogénicos en el basamento, anterior y relacionados a la "colisión" orogénica, por ejemplo, los skarns Llanganates.

(2) La actividad ígnea cenozoica relacionada a la subducción de la Placa Nazca, i.e. el "modelo Boliviano" con una posible introducción de metales del manto.

(3) La concentración o reconcentración Cenozoica, de metales a lo largo de las estructuras antiguas de colisión, ej. el frente Baños.

En la siguiente sección el potencial mineral de la Cordillera Real está relacionado a las unidades o estructuras de basamento antes que a la edad. El sistema de fajas minerales propuesto en Litherland (1988) es de este modo remplazado por lo siguiente (Fig. 3):

(a) Rocas ultramáficas: potencial de metales preciosos.

(b) El "arco-isla" Alao-Paute: potencial polimetálico.

(c) El "arco-isla" Azafrán: potencial polimetálico.

(d) El frente Baños: potencial de oro.

(e) El conjunto granítico Tres Lagunas: potencial de estaño/tungsteno.

(f) El arco continental de Zamora-Abitagua: potencial de oro.

4.2 Rocas ultramáficas: potencial de metales preciosos

4.2.1 El complejo ultramáfico Tampanchi

Como se predijo en Litherland (1988) el trabajo de una compañía privada ha indicado anomalías de metales preciosos (Au, Pt, Pd) sobre ciertos sectores del complejo Tampanchi; de este modo se explican los informes de oro y platino en los ríos alrededor de Pindilig (Navarro, 1986, Vol. III).

Como se reportó en 2.2.4 ciertos aspectos de la geología de Tampanchi favorecen su interpretación como una pipa ultramáfica de tipo Alaska.

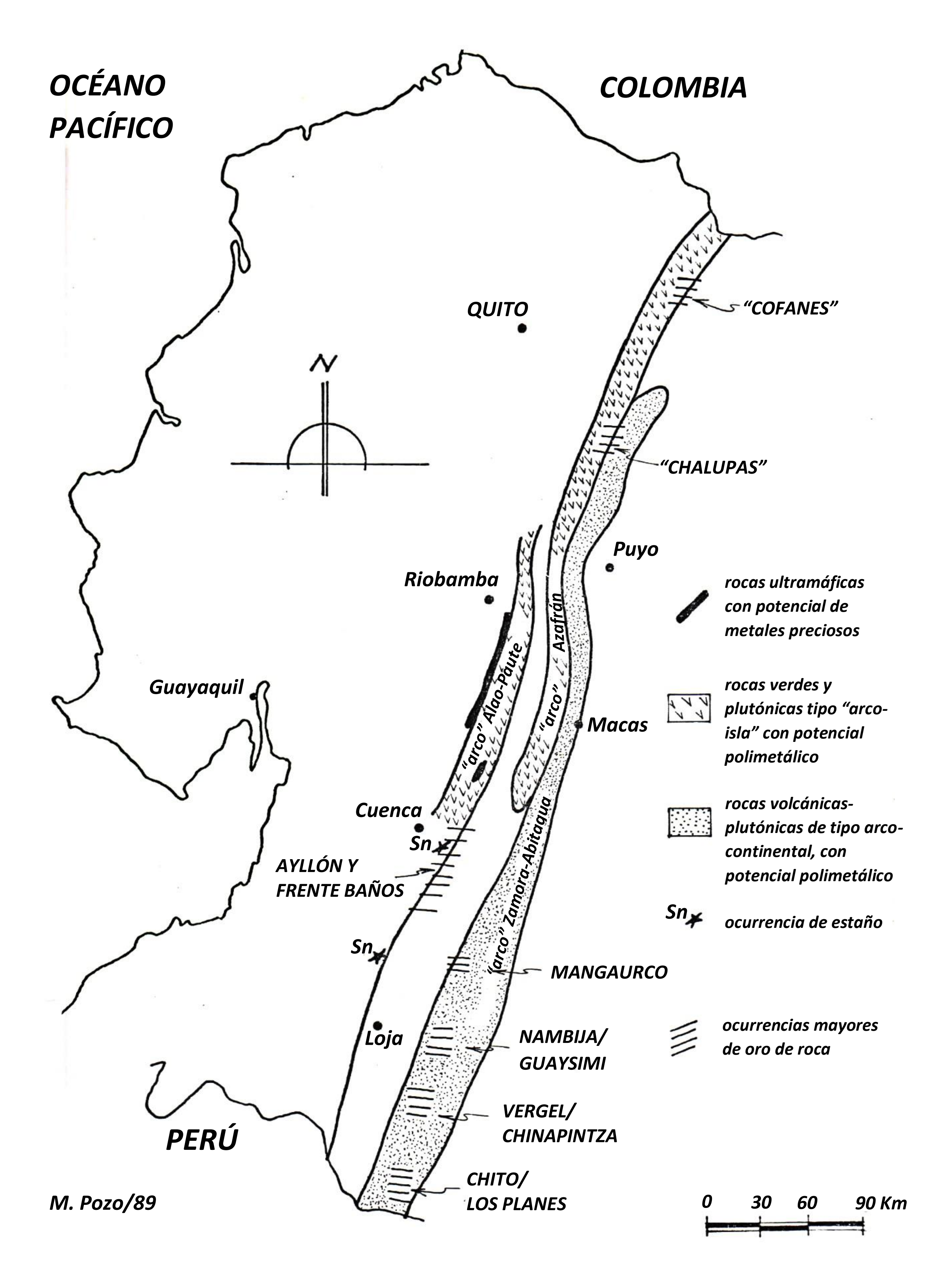


FIGURA 3 Fajas de minerales de la Cordillera Real relacionadas a elementos geológicos mayores del basamento.

De manera optimista, la determinación K-Ar indicará ya sea una edad sintectónica (ofiolítica?) o post-tectónica (pipa Alaska?). Si las edades se aproximan a 80 Ma entonces una cadena de pipas/intrusivas podrían ser propuestas incluyendo aquellas de Magtayán y Pimampiro?.

Cualquiera sea la interpretación, el Proyecto ha descubierto una fuente potencial de metales preciosos y deberá ponerse atención con las litologías de tipo Tampanchi, particularmente como bloques rodados, en otras partes de la cordillera.

4.2.2 La faja ofiolítica Peltetec

No se han realizado más trabajos en este sector, el potencial mineral del mismo es discutido en Litherland (1987, 1988).

4.2.3 Rocas ultramáficas de las fajas Central y Oriental

Las nuevas divisiones serpentiníticas (ver 2.3.6) parecen ser de espesor y potencial mineral limitado (ver análisis, Apéndice 1, Tabla 1), y aunque no pueden ser descontadas como una fuente de oro, es poco probable que tengan un significado importante.

4.3 El "arco-isla" Alao-Paute: potencial polimetálico

Las rocas de la división Alao-Paute de la faja Occidental corresponden a una secuencia metamorfizada de arco-isla de andesitas, lutitas pelíticas y carbonáceas y mármoles delgados. No hay candidatos obvios para la fase plutónica.

Mientras la mineralización de sulfuro estratiforme ha sido observada (Litherland, 1988), la mineralización de la roca-hospedante Alao-Paute es generalmente de edad Cenozoica y de tipo polimetálico (Pb-Zn-Cu-Ag), tipificada por los prospectos epitermales de San Bartolomé y Pilzhum, y referida como la faja polimetálica de Altar-San Bartolomé (Litherland, 1988). Fue propuesta como hipótesis (Litherland, 1988) que la mineralización polimetálica cenozoica representó la removilización de metales básicos de las rocas Alao-Paute por fluidos volcánicos a lo largo de las fallas "colisionales" antiguas, las cuales fueron recomendadas como sitios de prospección.

Durante este año (Apéndice 4), se hicieron visitas a la Mina Peggy, cerca al frente Baños que divide tectónicamente las rocas Alao-Paute de las del conjunto de granito Tres Lagunas. Metales básicos, especialmente sulfuros de cobre, plomo y zinc, ocurren como vetas, stockworks y brechas que cortan el granito y son probablemente relacionadas a la intrusión de cuerpos porfídicos de presenta edad Cenozoica.

La turmalina es muy común, inclusive postdatando el pórfido, y están presentes wolframita y estannita. Clarke (Apéndice 4) considera que los valores localmente altos de estaño, tungsteno y plata (ej. en la muestra MC-2) son similares en el conjunto de elemento mineral y la asociación subvolcánica a los sitios andinos tales como Antamina en el Perú y la Cordillera Real de Bolivia.

Hacia el este en Ayllón y Portachuela, existen ocurrencias polimetálicas con antimonio, apartadas de la división Alao-Paute.

De este modo, la mineralización del arco-isla Alao-Paute corresponde a las edades sin-deposicional, sin-colisional y post-colisional (cenozoicas), ésta última parece estar centrada en stocks pequeños de pórfido de composición intermedia-ácida, con brechas hidrotermales (epitermales) y alteración de la roca encajante. La "zonación" oriental de tipo Cu-Pb-Zn-Ag a Cu-Zn-Sn-W-Bi (Peggy) y a Zn-Pb-Au-Sb (Ayllón), alejada de las rocas de Alao-Paute, pueden relacionarse a la composición de la roca hospedante.

4.4 El "arco-isla" Azafrán: potencial polimetálico

4.4.1 Introducción

El "arco-isla" Azafrán provisionalmente describe las rocas plutónicas y subvolcánicas, calco-alcalinas tipo Azafrán, en el norte de la Cordillera Real y su manto de rocas verdes, metagrauvacas, filitas, esquistos, skarns y rocas epidóticas. Parece que estas rocas pueden ser trazadas desde la frontera colombiana hasta el sur, por la travesía de Guamote-Macas (Litherland, 1987); sin embargo, no están presentes al sur en la travesía de Cuenca-Limón (Mapa 8). La mineralización parece ser confinada a los fenómenos pre-colisionales y colisionales.

4.4.2 La faja de skarn Llanganates

El Proyecto ha descubierto y trazado esta faja en forma de campos de skarn individuales, por cerca de 150 km. Hacia el sur, en los Llanganates, el primer campo descubierto fue el de El Placer (Litherland, 1987; 1988) al oeste del Río Mulatos. Una compañía minera ha descubierto un campo al este del mismo río.

El presente informe (2.3.5) describe el descubrimiento de nuevos campos hacia el norte, nominados como Urcucocha y Sara Urco, así como evidencias de bloques rodados probablemente correspondientes a otros campos.

Los afloramientos toman la forma de "klippes" de nivel alto (Mapa 1), i.e. capas de corrimientos tectónicos topográficamente aislados, lo que explica la ausencia de afloramientos de skarn a lo largo de los valles mayores, ej. Papallacta y Oyacachi. La foliación (subhorizontal) principal es D2.

Los skarns son de tipo de magnetita-cálcica derivados de un protolito volcánico máfico (ver informes petrográficos en Litherland, 1987; 1988). Las rocas de skarn están intercaladas tectónicamente con mármoles, calcosilicatos, metavolcánicos de composición máfica a ácida (en lugares con biotita porfiroblástica tardía), esquistos pelíticos, esquistos verdes, esquistos grafíticos y metadioritas. El espesor de los paquetes de skarn tectónico es más de 160 m en El Placer, cerca de 300 m en Urcucocha y ca. 200 m en Sara Urco. En El Placer y Urcucocha puede ser demostrado que las rocas de skarn comprenden más de la mitad del paquete. De esta forma en términos de potencial mineral hay un volumen tremendo de rocas de skarn en cada campo. Por ejemplo, si el campo Urcucocha forma la extensión de la Serranía Urcucocha (la pequeña sección de cerro en el Mapa 4) entonces están indicados 150 millones de metros cúbicos de skarn.

Parece que hay una relación espacial en el norte de la Cordillera Real por donde los afloramientos de skarn están limitados al oriente por batolitos diorita-granodiorita tipo Azafrán y, rocas verdes y metasedimentos asociados de afinidad de arco-isla. Siguiendo el modelo de la Fig. 2 puede sugerirse que los skarn Llanganates representan la misma secuencia volcano-sedimentaria de arco-isla, metasomatizada en el margen occidental del batolito Azafrán y tectónicamente separada y corrida más tarde sobre el batolito.

Hasta el momento los estudios geológicos han involucrado dos travesías por afloramientos, a través de los campos de El Placer y Urcucocha, y el muestreo de bloques rodados. A más de la pirita y magnetita que se encuentran en todas partes, la travesía El Placer indica enriquecimiento en Cu-Zn-Pb-Ag, con calcopirita, esfalerita y galena visible en algunos lugares, mientras que la travesía Urcucocha indica una zona de afloramiento (2-10 m) con 0.3-0.5% de Mo (Apéndice 1, Tabla 2) en forma de molibdenita diseminada y visible. Oro fue encontrado en bloques rodados en el Río Mulatos (Litherland, 1987) cuya fuente no ha sido trazada del origen; no se observó oro en El Placer ni en los campos, tampoco en los bloques de skarn al norte.

En el contexto de la clasificación de los depósitos de skarn por el metal económico dominante (Einaudi et al., 1981), parece que la faja Llanganates corresponde a la clase magnetita-cálcica, y así, la presencia de skarns de Mo en Urcucocha (sin tungsteno), puede ser considerada como una "desviación".

De los datos minerales está claro que de los dos afloramientos de las travesías llevadas a efecto y de las muestras de bloques rodados, la faja de skarn Llanganates tiene potencial polimetálico y justifica estudios posteriores de reconocimiento. En este contexto, es pertinente observar que todos los campos de skarn están en áreas de difícil acceso y alejadas de las carreteras principales.

4.4.3 Otras rocas verdes epidotizadas

Hacia el este de la cadena plutónica Azafrán, y por los dos lados del frente Subandino hay afloramientos y bloques rodados, rocas tipo "proto-skarns" epidotizadas. Las ocurrencias incluyen el área de Azafrán (Río Verde); por el norte a través del Río Mulatos (inmediatamente al este del frente Subandino); cerca de la unión del Río Quijos y Papallacta; y cerca de la unión de los ríos Oyacachi y Santa María. Esta faja claramente representa el contacto metamórfico de las rocas verdes (meta-andesitas) contra la fase plutónica principal y está asociada con una fase de vetas ampliamente extendidas de cuarzo/calcita acompañadas por mineralización de pirita ± calcopirita.

4.4.4 Otra mineralización

Fueron observadas mineralizaciones de sulfuro de tipo estratiforme en rocas volcano-sedimentarias de "tipo-Azafrán", en Cerro Hermoso (Litherland, 1988) y Guamote-Macas (Litherland, 1987).

4.4.5 Conclusiones

Existe la probabilidad de que las rocas "arco-isla" de Azafrán puedan ser distinguidas de las demás rocas de la Cordillera Real y su potencial minero discutido en este contexto.

Un elemento importante es la faja de skarn Llanganates de naturaleza cálcico-magnetítica (arco-isla) formada al oeste, y sobrecorrida por encima de los batolitos, a lo largo de 150 km de rumbo andino. El potencial mineral de esta unidad queda por ser evaluado.

De acuerdo con el resto del "arco-isla" Azafrán hay evidencia para la mineralización estratiforme y la propilitización extendida (epidotización) de las rocas verdes las cuales asemejan un escenario "Arqueano", con relación a los intrusivos plutónicos adyacentes. En este contexto es pertinente observar que el campo de oro aluvial del Río Chalupas (Río Cedroyacu) posiblemente es derivado de estas rocas, las cuales están muy apartadas hacia el este como para ser derivadas de cualquier sistema volcánico/plutónico Misahuallí/Abitagua. Probablemente puede aplicarse lo mismo al campo de oro del Río Cofanes, y se espera que estas dos secciones sean estudiadas este nuevo año.

4.5 El frente Baños: potencial de oro

Una faja de oro, conocida como Collay-Shincata que coincide con el frente Baños fue descrito en Litherland (1988). Durante el año pasado los ríos Shincata y Betas (Mapa 14) fueron visitados, se encontró que ambas áreas eran trabajadas extensivamente para oro aluvial. Geológicamente, la zona está cubierta por volcánicos félsicos jóvenes de edad Cenozoica, pero los afloramientos de basamento consisten de granitos del conjunto Tres Lagunas fuertemente cizallados.

La(s) fuente(s) primaria(s) de oro en la faja es(son) todavía incierta(s), pero parece probable que los volcánicos jóvenes y los intrusivos de nivel alto que cortan el frente Baños puedan ser un control importante en la mineralización.

En el norte, el Río Ayllón (Litherland, 1988, Mapa 13) que ha sido extensivamente trabajado principalmente para oro aluvial (coluvial?) representa el primer prospecto de oro desde épocas coloniales; está ubicado al este de la zona cizallada principal del frente Baños. Esta área ha sido muestreada por Clarke y Viteri y los resultados de sus estudios están detallados en el Apéndice 4. Geológicamente, los principales tipos de rocas comprenden la división semipelítica Loja, de rumbo andino, que tiene un clivaje fuerte, plano a subhorizontal (al menos S2), y probablemente representa una serie de corrimientos imbricados. Sin embargo, se observaron muestras rodadas de volcánicos andesíticos alterados y posibles dioritas hornbléndicas.

En la margen este del Río Santa Bárbara, cerca de 0.5 km aguas abajo de la unión con el Río Ayllón, fueron recolectadas muestras de la entrada de una galería de excavación antigua; secciones pulidas de éstas (Apéndice 6) revelan la presencia de oro libre, pirita común y arsenopirita en ganga de cuarzo. Están también presentes galena temprana y esfalerita. La boulangerita y el oro son fases de cristalización tardía y la bournonita puede ocurrir como una etapa de vetillas tardías. También fue observado oro libre en rodados de vetas de cuarzo, asociados con arsenopirita y cortando una roca diorítica.

Clarke concluye que las muestras de la galería de excavación indican la presencia de mineralización polimetálica de Cu-Pb-Zn-As-Ag-Au, la cual puede ser asociada con una intrusión intermedia. La scheelita es común en concentrados bateados, puede ser el resultado de los efectos de metasomatismo de contacto. La asociación de oro con antimonio en el área de Ayllón y la proporción aproximada de oro a plata de 2:1 indican que la ocurrencia puede ser diferente de la mineralización polimetálica de la Mina Peggy, en donde los valores de oro son bajos y la proporción Ag:Au considerablemente alta.

Los altos valores de oro, de hasta 635 ppm obtenidos en análisis de la muestra MC-25B de la entrada a la galería de excavación y la presencia de oro libre, aguas arriba y rodados de cuarzo con arsenopirita (MC-27A) sugieren que el área de Ayllón puede tener potencial considerable de roca dura y estudios detallados posteriores están justificados.

Los estudios de seguimiento en las áreas de Espíritu Playa y Burro Playa-Principal-Río San Francisco, fueron decepcionantes en la mineralización observada, aunque el oro fue bateado.

De los estudios del Proyecto aparece que la faja de oro relacionada al frente Baños, la faja de Collay-Shincata, en Litherland (1988), es una realidad y está relacionada, en lo principal, a intrusivos cenozoicos de nivel alto.

4.6 El conjunto granítico Tres Lagunas: ¿potencial de estaño/tungsteno?

4.6.1 Introducción

El complejo granítico Tres Lagunas no parece ser de asociación típica Andina de tipo-I, pero indica características de granito tipo-S (ver 2.3.2), que en otras partes del mundo puede ser asociado con depósitos de estaño/tungsteno. Fue propuesto en Litherland (1988) una faja de "estaño-tungsteno" Tres Lagunas, basada en ocurrencias esporádicas que se creían eran asociadas con los granitos, y esta área fue estudiada más detalladamente por Clarke y Viteri (Apéndice 4).

4.6.2 Resultados de Clarke y Viteri (Apéndice 4) (Mapa 8)

(a) En el área de la Mina Peggy, al sur de Sigsig, la casiterita es común en la Quebrada Reote (ver Mapa 13 en Litherland, 1988), y también estuvieron presentes unos pocos granos junto con scheelita en un concentrado bateado del Río Santa Bárbara cerca de la Mina Peggy; las muestras de esta mina contienen estannita. Aunque las rocas hospedantes de la mina pertenecen al conjunto Tres Lagunas, se considera que los minerales de estaño, junto con turmalina, se relacionan a un pórfido tardío. En general los valores Sn-W-Ag nos recuerda su analogía con los depósitos de Perú y Bolivia.

(b) En el área de Burro Playa-Principal-Río San Francisco hay algunos lentes con contactos fallados del granito Tres Lagunas, pero la casiterita no estuvo presente en los concentrados bateados y sólo fueron registradas pocas cantidades de scheelita.

(c) En la Loma del Inca, al este de Las Aradas, en la cuenca Malacatos al norte de Malacatos y en afloramientos de granito y vetas de pegmatita tardías, expuestas en la nueva ruta de Loja a San Lucas, al NO de Loja, no se encontró casiterita en las muestras bateadas, aunque fueron observadas cantidades menores de scheelita en los drenajes de las corrientes, al extremo norte de la cuenca de Malacatos. Los valores máximos obtenidos en las muestras de roca del área de la Loma del Inca fueron de 23 ppm de Sn y 32 ppm de W.

(d) En el área de Espíritu Playa, al SE de Gima están presentes greisens al oeste de Moriré; pero no se observaron casiterita o scheelita en los concentrados bateados recogidos de esta zona. Sin embargo, una sola muestra de "greisen" dio un valor de 63 ppm de Sn.

(e) Al este de Saraguro, en los trabajos previos de la UNDP (1972) fue notada la presencia de casiterita y scheelita en los concentrados bateados y una muestra recogida del Río Pichanal (GR: 064-984) contenía casiterita "común" y cantidades "considerables" de scheelita. Sin embargo, falta ser establecida la relación de esta mineralización con el batolito Tres Lagunas, que yace inmediatamente al este.

(f) Una sola muestra del granito Tres Lagunas turmalinizado, del Río Macuchi, que está localizado como a 9 km al ESE de Cochapata, fue analizado, pero no se encontraron valores significantes de estaño o tungsteno (Apéndice 1, Tabla 3, No. FV-848).

4.6.3 Conclusiones

Aunque la presencia de estaño en la Mina Peggy y la anomalía de casiterita/scheelita al este de Saraguro ha sido confirmada, en otras partes del conjunto Tres Lagunas, ha sido recolectada solamente scheelita y este mineral puede estar relacionado a un granito todavía no mapeado de "tipo-I". El valor de 63 ppm de estaño en una sola muestra de greisen del área de Espíritu Playa es de interés, pero al momento puede ser considerada sólo como una ocurrencia aislada.

A más de la evidencia anterior, el análisis del granito de roca-total (Apéndice 4), aunque en número menor, sugiere que no es un conjunto altamente diferenciado del "tipo-S", y no posee realmente características geoquímicas extremas, mostradas por algunos granitos que contienen estaño en otras partes del mundo. Por lo tanto, por la evidencia presente, el conjunto Tres Lagunas no debería ser considerado como una provincia potencial de estaño/tungsteno, aunque puede ser significativo que las dos ocurrencias de estaño del Ecuador estén relacionadas geográficamente a este conjunto.

Las rocas "Tres Lagunas" en el norte contienen una unidad rica en granate granoblástico (Mapa 1), cuyos estudios actualmente en progreso indican las siguientes modas: granate (10-30%), feldespato alterado (5-40%) y cuarzo (30-45%). De esta manera, las rocas pueden representar diferenciaciones per-aluminosas del conjunto Tres Lagunas y/o contaminación pelítica. Una muestra recogida cerca de Oyacachi contiene ¿casiterita? en lámina delgada y una muestra de rodado del Río Chalpi de Papallacta, ¿wolframita?. Además, este río indica una anomalía fluvial de 19 ppm de Ag. Los análisis químicos de estas rocas, ahora en progreso deberían indicar cualquier potencial de Sn-W-Ag y la litología de potencial correspondiente, dentro del conjunto Tres Lagunas.

4.7 El arco continental de Zamora-Abitagua: potencial de oro

4.7.1 Introducción

El distrito minero de oro de Zamora fue descrito como la faja de oro Subandina en Litherland (1988). Dentro de esta faja hay cuatro áreas de roca dura de oro: Nambija, Piuntza, Chinapintza y Los Planes que fueron visitadas y muestreadas por Clarke y Viteri durante 1988 (Mapa 8). El siguiente sumario está basado en sus investigaciones (Apéndice 4). Los detalles mineralógicos de muestras individuales recogidas y referidas en el informe de Clarke, son indicados en el Apéndice 6.

4.7.2 Las minas de Nambija

El skarn es la roca hospedante de la mineralización y es de importancia que por lo menos una muestra de skarn (No. 64E, Apéndice 6) sea derivada de una toba andesítica antes que de un carbonato. La mineralización de oro es post-skarnificación de las rocas hospedantes y está acompañada por cuarzo, feldespato rosado (adularia) ± calcita ± pirita. Clarke considera que el protolito puede consistir de una secuencia volcanoclástica calcárea y de cuerpos subvolcánicos posiblemente en un ambiente de arco-isla bordeado por arrecifes. El oro de Nambija parece tener una proporción baja de plata, que contrasta con las muestras analizadas de otros lugares en la faja de oro Subandina.

4.7.3 Las áreas de Piuntza y Chinapintza

A diferencia de Nambija y Guaysimi (Mapa 8), donde se encuentran las rocas de skarn calco-silicáticas, los yacimientos de Piuntza y Chinapintza están asociados con intrusivos de pórfido de feldespato tardío y la mineralización de oro de probable origen epitermal ocurre en vetas y brechas.

En Piuntza dominan las rocas volcánicas y volcanoclásticas; áreas pequeñas de pórfido, actualmente están siendo expuestas por procesos erosivos. En el área de Chinapintza el relieve es tal que una zonación aparente puede ser vista desde los stockworks de nivel-alto, debajo de las vetas mayores con sulfuros, los cuales, a profundidad, están relacionadas a un cuerpo de pórfido de cuarzo, que está expuesto en algunas galerías de excavación.

4.7.4 El área de Los Planes-La Cruz

El área Los Planes consiste de una serie irregular de vetas de cuarzo y stockworks que contienen oro diseminado y pirita aurífera en lavas y piroclásticos andesíticos-dacíticos. Regionalmente, la mineralización está asociada con rocas volcánicas calco-alcalinas con un substrato batolítico.

Esta área ha sido explorada por una compañía minera. Sin embargo, parece que los valores relativamente bajos de oro y el tonelaje menor de los depósitos no justifican una inversión a mayor escala que la presente.

Además de lo anterior, muestras propilitizadas fueron recolectadas del área de Palanda y también más al sur, a lo largo de la senda de Chito a la Cruz que sigue hasta Los Planes. Una de estas muestras, que consiste de una pequeña veta de cobre cortando la granodiorita del batolito Zamora-Río Mayo dio 1.12 ppm de Au, aunque no fueron registrados otros valores significantes.

4.7.5 Conclusiones

La asociación geográfica general entre el batolito Zamora-Río Mayo y los volcánicos asociados y la faja de oro Subandina parece estar establecida, pero la edad actual de la mineralización de oro permanece todavía en duda. Como se observó en 2.3.10, la masa del batolito es considerada de edad Jurásica hasta Cretácica Inferior, y es posible (aunque no probado) que la mineralización en las áreas de Nambija (y Guaysimi) son también de esta edad. Sin embargo, en Chinapintza y Piuntza la mineralización de oro se demuestra que está relacionada a stocks de pórfido de nivel-alto y pequeña escala, que pueden ser posteriores al evento principal Jurásico volcano-plutónico. De acuerdo con el Ing. E. Salazar (comunicación personal) la mineralización primaria ya ha sido confirmada dentro de la Formación Hollín del Cretácico Inferior al este de Zamora y esta observación sugiere ya sea una edad Cretácico Superior o posiblemente Terciario, por lo menos para alguna mineralización de oro en la faja Subandina. Tal actividad volcánica cenozoica sería geotectónicamente análoga a la actividad reciente en el norte, manifestada por los volcanes Reventador, Sumaco y Pan de Azúcar.

El arco Jurásico continental puede ser trazado desde Zamora al norte, hasta el complejo plutónico -volcánico Abitagua-Misahuallí, donde la mineralización de oro está indicada (Litherland, 1988), pero todavía no ha sido establecida.

4.8 Conclusiones y trabajos futuros

Este informe resume los resultados de un año más de trabajo, durante el cual, el Proyecto ha definido en forma más precisa la geología de la Cordillera Real, ha descubierto nuevas ocurrencias minerales, anomalías geoquímicas y ha aumentado los datos básicos requeridos para justificar inversiones mineras futuras.

Muchos nombres aparecen en la página titular de este informe, y cualquiera que sea el campo de estudio, todos han contribuido para un mejor entendimiento de la cordillera, la cual es geográficamente “Andina”, pero que muestra un rango entero de rasgos no característicos tales como las fajas ofiolíticas de tipo “Alpino”, tectónicos tipo “Himalaya”, granitos tipo “Hercynian” y posiblemente pipas ultramáficas tipo “Alaska”. Además, sólo el potencial mineral no puede ser considerado como el producto del proceso de la subducción de la Placa Nazca. En su lugar, este proceso fue superimpuesto en un esquema colisional que involucra cortezas oceánicas, arcos-islas y placas/arcos continentales, cada elemento llevando su propia huella mineral.

En la parte norte de la cordillera, un campo de difícil acceso, los esfuerzos de Bermúdez, Pozo y Litherland están siendo recompensados: así, ha sido descubierta una nueva secuencia de arco-isla, que incluye una faja de skarn de por lo menos 150 km de largo. Se cree que el potencial mineral principal yace en la faja “arco-isla” Azafrán y el mapeo en 1989-1990 entre el Río Salado y la frontera colombiana, debería delimitar su continuación septentrional y definir los elementos plutónicos, volcánicos y sedimentarios y la tectónica compleja de corrimiento imbricado (Fig. 2); acompañado por visitas a los campos de oro aluvial de Cofanes y Chalupas.

En el sur los esfuerzos de Viteri, Aspden y Clarke han sido recompensados con la definición de los nuevos elementos geológicos, que incluyen el granito Tres Lagunas y los modelos metalogénicos para las dos fajas de oro. Viteri y Aspden extenderán sus estudios al norte del Río Paute hasta el Río Pastaza, e intentarán el empate de la geología de los sectores norte y sur, con la identificación de unidades tales como el granito Tres Lagunas, el "arco-isla" Azafrán y los skarn Llanganates.

El periodo 1989-1990 es el cuarto y último año de estudios de reconocimiento; el próximo año será presentado un Informe Resumen de 1986-1990, junto con el Informe Anual de 1989-1990.

5 REFERENCIAS

ANON (1988) Alaskan/Ural ultramafic complexes in the Canadian Cordillera. The Gangue, No. 26, Sept. 1988 pp. 3-4.

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador 1:1000000. Dir. Gen. Geol. y Minas. Quito.

BRISTOW C. R., LONGO R. y GUEVARA S. (1985) Mapa Geológico de la hoja Cañar (1:100000) Dir. Gen. Geol. y Minas. Quito.

BRISTOW C.R. y GUEVARA S. (1980) Mapa geológico de la hoja de Azogues (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

BUTLER R. W. H. The terminology of structures in thrust belts. J. Struct. Geol., 4, 239-245.

COLONY R. J. and SINCLAIR J. H. (1932) Igneous and metamorphic rocks of eastern Ecuador. Annal, New York, Acad. Sci., Vol. XXXIV, August 1932.

DE PAOR D. (1988) Balanced Section in Thrust Belts Part 1: Construction. Am. Ass. Pet. Geol. Bull., Vol. 72, No. 1, pp. 73-90.

EINAUDI M. T., MEINERT L. D. and NEWBERRY R. J. (1981) Skarn deposits. Econ. Geol., 75th Ann. Vol., pp. 317-391.

HERBERT H. J. and PICHLER H. (1983) K-Ar ages of rocks from the eastern Cordillera of Ecuador. Z. dt. geol. Ges. Vol. 134, 483-493.

HUGUES C. J. (1932) Igneous Petrology. Elsevier, Amsterdam, 551 pp.

HUTCHINSON C. S. (1983) Economic deposits and their tectonic setting, MacMillan, London, 365 pp.

KENNERLEY J.B. (1980) Outline of the geology of Ecuador. Overseas Geol. Miner. Res., Inst. Geol. Sci. UK., No 55, 20 pp.

LITHERLAND M. (1987) Cordillera Real Geological Research Project: First Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1988) Cordillera Real Geological Research Project: Second Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

MURRAY C. G. (1972) Zoned ultramafic complexes of the Alaskan type: feeder pipes of andesitic volcanoes. Mem. Geol. Soc. Amer., 132, 313-335.

NAVARRO M. (1986) Investigación histórica de la Minería en el Ecuador. Inst. Ecuat. de Minería, Quito.

TAYLOR H. P. (1967) The zoned ultramafic complexes of southeastern Alaska. In P.J. Wyllie (Ed) "Ultramafic and related rocks". Wiley, New York, pp. 97-121.

TROUW R. (1976) Cuatro cortes por la faja metamórfica de la Cordillera Real, Ecuador. Bol. Cient. Esc. Sup. Poli, del Litoral, Guayaquil, 40 pp.

UNDP (1972) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II), Republic of Ecuador. Technical report No. 14, New York.

APÉNDICE 1

Análisis químico de rocas y datos de las muestras

TABLA 1 ANÁLISIS QUÍMICOS DE MUESTRAS DE ROCA DE COMPLEJOS MÁFICOS-ULTRAMÁFICOS REGIONALES

MUESTRA	LITOLOGÍA	COMPLEJO	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Sr (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	V (ppm)	Ca (%)	P (%)	La (ppm)	Cr (ppm)	Mg (%)	Ba (ppm)	Ti (%)	B (ppm)	Al (%)	Na (%)	K (%)	W (ppm)	Au (ppb)
RB-59-A	Serpentinita	Cinturón Peltetec (Peltetec)	1	6	2	30	0.1	388	89	650	8.01	6	5	1	2	1	2	2	74	0.05	0.001	2	810	19.05	1	0.01	17	5.86	0.01	0.01	4	1
RB-87-G	Serpentinita	Cinturón Peltetec (Huarguallá)	1	28	2	18	0.1	1675	80	411	5.00	3	5	1	3	1	2	3	48	0.03	0.005	2	1092	30.07	4	0.01	102	0.40	0.04	0.01	1	1
RB-209-G	Serpentinita	Cinturón Peltetec (Penipe)	1	15	2	101	0.1	941	46	500	3.10	151	5	1	11	1	2	2	15	0.59	0.002	2	767	17.47	1	0.01	24	0.28	0.01	0.01	1	1
RB-261	Serpentinita	Cinturón Soledad (Río Mulatos)	1	8	65	117	0.4	483	20	309	1.68	82	5	1	1	1	6	8	9	0.21	0.004	2	814	11.28	3	0.01	4	0.28	0.01	0.01	1	10
RB-296-A	Serpentinita	Cinturón Soledad (El Triunfo)	1	16	6	26	0.1	1086	54	302	2.76	11	5	1	7	1	2	3	21	0.30	0.003	2	1444	28.01	28	0.01	9	0.33	0.01	0.01	1	7
RB-342	Serpentinita	Cinturón Soledad (Soledad)	1	11	2	12	0.1	1806	76	285	3.77	2	5	1	3	1	2	3	15	0.04	0.002	2	1308	17.99	45	0.01	9	0.17	0.01	0.01	1	9
RB-353-F	Serpentinita	Cinturón Urcucocha	1	28	3	27	0.1	867	64	368	4.07	5	5	1	4	1	2	2	27	0.39	0.002	2	1593	16.63	2	0.01	9	0.76	0.01	0.01	2	1
MP-518-B	Serpentinita	Cinturón Urcucocha	27	42	8	366	0.1	1838	98	1440	5.48	6	5	1	23	1	2	3	28	1.13	0.001	2	4079	11.59	6	0.01	14	0.56	0.01	0.01	1	8
RB-1-G	Serpentinita	Río Guachalá	1	5	2	15	0.1	1167	54	549	6.00	8	5	1	6	1	2	3	18	0.18	0.004	2	1292	21.42	6	0.01	21	0.17	0.01	0.01	1	1
FV-285-D	Serpentinita	Cinturón Palenque (Pasaje)	1	34	2	19	0.1	1047	60	567	3.41	454	5	1	30	1	7	2	23	1.42	0.003	2	683	11.74	12	0.01	14	0.60	0.01	0.01	1	39
FV-285-Q	Serpentinita	Cinturón Palenque (Pasaje)	1	17	2	22	0.1	1612	75	658	4.41	5	5	1	1	1	2	2	3	0.07	0.003	2	108	29.48	3	0.01	5	0.03	0.01	0.01	1	1
FV-291-A	Serpentinita	El Toro (Raspas)	1	10	2	27	0.1	1303	63	656	3.72	5	5	1	1	1	2	2	14	0.15	0.002	2	840	19.59	1	0.01	10	0.20	0.01	0.01	1	1
FV-469-B	Serpentinita	Zumba	1	14	6	35	0.1	1176	62	753	4.85	54	5	1	3	1	2	2	11	0.18	0.004	2	543	29.38	7	0.01	34	0.23	0.01	0.01	2	1
FV-470-B	Serpentinita	Zumba	1	15	3	34	0.1	2061	94	714	4.78	51	5	1	1	1	2	2	14	0.02	0.003	2	953	29.56	11	0.01	34	0.16	0.01	0.01	1	1
FV-470-C	Piroxenita con olivino	Zumba	1	6	3	94	0.1	1138	52	764	2.55	70	5	1	3	1	3	2	7	0.13	0.003	2	282	11.17	6	0.01	32	0.11	0.01	0.01	1	13
RB-59-B	Gabro	Cinturón Peltetec (Peltetec)	1	42	2	27	0.1	173	23	368	2.95	2	5	1	16	1	2	2	34	1.84	0.001	2	305	3.73	12	0.02	6	3.02	0.03	0.03	3	1
RB-59-D	Picrita	Cinturón Peltetec (Peltetec)	1	40	2	90	0.1	170	28	328	2.92	2	5	1	8	1	2	2	22	1.11	0.007	2	188	3.84	8	0.03	7	2.42	0.02	0.01	1	1
RB-59-H	Roca con brucita y periclasa	Cinturón Peltetec (Peltetec)	1	9	2	62	0.1	175	38	2359	4.85	3	5	1	2	1	2	2	161	0.37	0.004	2	830	16.83	1	0.06	25	5.12	0.02	0.01	5	1
RB-60-A	Brecha basalto?	Cinturón Peltetec (Peltetec)	1	62	2	26	0.1	28	12	380	1.40	2	5	1	57	1	2	2	42	6.79	0.018	2	56	0.75	7	0.22	8	0.93	0.03	0.01	1	5
RB-209-B	Hornblendita	Cinturón Peltetec (Penipe)	1	77	2	20	0.1	189	21	248	1.83	2	5	1	7	1	2	2	23	0.85	0.007	2	91	3.05	5	0.07	4	1.64	0.07	0.01	1	1
RB-247-C	Hornblendita	Tampanchi	1	20	2	4	0.1	50	6	104	0.58	2	5	1	18	1	2	2	10	1.03	0.002	2	32	0.34	30	0.04	8	0.85	0.01	0.01	1	1
RB-247-G	Piroxenita	Tampanchi	1	524	2	25	0.2	108	31	409	4.03	4	5	1	9	1	2	2	72	0.71	0.005	2	123	3.70	23	0.05	2	0.48	0.04	0.01	1	176
RB-247-L	Gabro	Tampanchi	1	200	2	14	0.1	29	19	263	2.04	2	5	1	49	1	2	2	69	1.26	0.023	2	31	1.29	24	0.10	3	1.20	0.07	0.05	1	2
FV-285-P	Basalto	Palenque (Pasaje)	1	46	3	25	0.3	70	12	341	2.68	5	5	1	21	1	2	2	45	1.42	0.060	2	60	1.39	101	0.21	6	1.31	0.16	0.09	1	3
FV-469-A	Gabro	Zumba	1	423	5	71	0.4	50	14	412	3.86	5	5	2	106	1	2	2	129	1.78	0.076	9	41	1.44	58	0.18	5	2.58	0.20	0.03	2	1

ANÁLISIS POR LABORATORIOS ACME, VANCOUVER

CORTESÍA DE B. P. MINERALS INTERNATIONAL, QUITO

DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS (TABLA 1)

RB-59-A: Camino Pungalá-Alao (7716-97946), bloque de serpentinita de la quebrada de la división Peltetec.

RB-87-G: Canal de riego, Valle de Huarguallá (7713-97923), serpentinita en afloramiento, división Peltetec.

RB-209-G: Camino Penipe-Río Blanco (7750-98253), serpentinita de afloramiento, división Peltetec.

RB-261: Río Mulatos, bloque rodado de serpentinita (Litherland, 1988, Mapa 7).

RB-296-A: Quebrada de Los Incas, unión con el Río Mayo (7901-98582), cerca de El Triunfo, bloque de serpentinita.

RB-342: Norte del Río Antisana (8159-99322), Valle de Quebrada Soledad, muestra de afloramiento de serpentinita.

RB-353-F: Norte del Río Antisana, Quebrada Chiriyacu (8195-99306), bloque de serpentinita.

MP-518-B: Río Cosanga (8275-99337), bloque de serpentinita.

RB-1-G: Río Guachalá, puente de carretera Panamericana al sur de Cayambe, bloque de serpentinita.

FV-285-D: Río Palenque, sur de Pasaje (El Oro), ca. 1.5 km SE de la cantera, afloramiento de serpentinita.

FV-285-Q: Río Palenque sur de Pasaje (El Oro), ca. 5 km SE de la cantera, afloramiento de serpentinita.

FV-291-A: Ca. 2 km norte de Tahuín (El Oro), serpentinita de la cantera del cuerpo El Toro.

FV-469-B; FV-470-B; FV-470-C: Camino Este de Zumba (Hoja Zumba, 077-630), rocas ultrabásicas de cantera.

RB-59-B; RB-59-D; RB-59-H; RB-60-A: Camino Pungalá-Alao (7716-97946), afloramientos.

RB-209-B: Camino Penipe-Río Blanco (7750-98253), afloramiento de hornblendita.

RB-247-C; RB-247-G; RB-247-L: Camino Taday-Huaraiñac (7618-97082), afloramientos del complejo Tampanchi.

FV-285-P: Río Palenque, sur de Pasaje (El Oro), ca. 4.5 km SE de la cantera, afloramiento de basalto.

FV-469-A: Camino Este de Zumba (Hoja Zumba, 077-630), gabro de cantera.

TABLA 2 ANÁLISIS QUÍMICOS DE SKARN Y ROCAS DE EPIDOTA DE LA FAJA LLANGANATES

MUESTRA	LITOLOGÍA	COMPLEJO	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Sr (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	V (ppm)	Ca (%)	P (%)	La (ppm)	Cr (ppm)	Mg (%)	Ba (ppm)	Ti (%)	B (ppm)	Al (%)	Na (%)	K (%)	W (ppm)	Au (ppb)
RB-43-A	Roca de epidota	Baeza	1	4	8	104	0.2	45	3	460	3.14	4	5	3	79	1	3	3	10	1.80	0.0360	12	15	1.27	7	0.12	6	1.76	0.01	0.01	2	1
RB-353-G	Roca de epidota	Campo Urcucocha	47	13	2	40	0.4	53	2	340	3.70	12	5	3	94	1	5	3	46	1.75	0.043	3	42	1.93	7	0.24	4	2.17	0.02	0.01	3	1
MP-508-B	Roca de epidota	Campo Urcucocha	1	49	13	578	0.1	13	5	1604	4.65	8	5	1	99	1	2	2	33	6.32	0.065	7	21	1.27	67	0.18	3	2.49	0.01	0.07	1	16
MP-514-A	Roca de epidota	Campo Urcucocha	5092	9	19	129	0.3	12	12	493	1.47	9	5	1	80	1	2	2	334	4.42	0.041	2	35	0.15	3	0.40	2	0.86	0.01	0.02	1	32
MP-514-D	Roca de epidota	Campo Urcucocha	3383	8	20	327	0.3	16	23	461	1.83	12	5	1	81	1	2	2	289	4.11	0.092	2	41	0.12	6	0.44	4	0.85	0.01	0.01	1	26
MP-514-G	Roca de epidota	Campo Urcucocha	70	5	11	246	0.1	13	6	471	1.36	5	5	1	84	1	2	2	66	3.75	0.015	4	15	0.17	10	0.13	4	0.94	0.01	0.01	1	43
MP-472-F	Skarn	Río Oyacachi	23	114	17	297	0.4	22	14	1056	7.88	18	5	3	30	1	13	14	61	1.58	0.115	5	49	0.50	58	0.11	3	1.92	0.15	0.10	5	3
MP-480-E	Skarn	Río Oyacachi	23	13	6	16	0.2	14	7	3918	2.70	17	5	2	35	1	6	2	61	9.55	0.094	4	31	0.14	9	0.05	2	1.85	0.01	0.01	5	1
MP-494-G	Skarn	Río Quijos	3	9	12	15	0.3	6	7	1521	9.15	25	5	2	6	2	2	2	12	14.67	0.108	3	20	0.03	5	0.03	2	1.32	0.01	0.01	8	1
MP-494-J	Skarn	Río Quijos	2	6	22	41	0.4	8	5	599	6.95	10	5	1	38	1	8	2	19	6.84	0.067	2	8	0.09	6	0.01	2	0.57	0.01	0.01	3	24
MP-494-K	Skarn	Río Quijos	15	10	6	10	0.4	46	236	93	8.74	78	5	3	34	1	2	2	7	1.76	0.346	9	19	0.02	3	0.06	4	0.41	0.01	0.01	7	7
MP-494-P	Skarn	Río Quijos	2	7	30	45	0.3	8	7	715	7.02	8	5	1	66	1	6	2	19	7.71	0.035	2	7	0.14	13	0.01	2	1.05	0.01	0.01	3	1
MP-494-Q	Skarn	Río Quijos	2	12	30	21	0.4	3	8	1130	8.82	15	5	2	45	1	3	5	22	11.91	0.275	2	24	0.09	3	0.04	2	1.25	0.01	0.01	8	4

ANÁLISIS POR LABORATORIOS ACME, VANCOUVER

CORTESÍA DE B. P. MINERALS INTERNATIONAL, QUITO

DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS (TABLA 2)

RB-43-A: Río Quijos, 1.5 km ENE de Baeza (8445-99493), bloque rodado de roca de epidota.

RB-353-G: Norte del Río Antisana, Quebrada Chiriyacu (8195-99306), bloque rodado.

MP-508-B: Cabecera de la Quebrada Chiriyacu (8216-99299), afloramiento.

MP-514-A; MP-514-D; MP-514-G: Cerro Urcucocha (8227-99298), muestras de afloramiento.

MP-472-F: Río Chalpi (1700-99721), cerca al Río Oyacachi, bloque rodado.

MP-480-E: Río Oyacachi (1786-99729), bloque rodado.

MP-494-G; MP-494-J; MP-494-K; MP-494-P; MP-494-Q: Río Quijos (8372-99520), arriba de la confluencia con el Río Papallacta, bloques rodados.

TABLA 3 ANÁLISIS QUÍMICOS DE MUESTRAS DE ROCAS MINERALIZADAS

MUESTRA	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Sr (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	V (ppm)	Ca (%)	P (%)	La (ppm)	Cr (ppm)	Mg (%)	Ba (ppm)	Ti (%)	B (ppm)	Al (%)	Na (%)	K (%)	W (ppm)	Au (ppb)
CR-FV-372	59	16	54	319	0.5	53	6	30	8.88	214	5	1	3	1	3	2	6	0.02	0.096	2	3	0.02	10	0.01	4	0.11	0.02	0.15	1	230
CR-FV-380-B	3	7	19	13	1.1	2	1	59	0.78	6	5	1	33	1	2	2	10	0.09	0.014	4	5	0.05	13	0.06	2	0.97	0.01	0.01	1	1
CR-FV-462	1	46	2	134	0.1	3	16	1415	5.44	8	5	1	231	1	2	2	85	2.62	0.097	2	3	2.04	29	0.08	5	3.78	0.26	0.03	3	1
CR-FV-463	1	1	2	23	0.1	1	2	228	1.34	2	5	5	43	1	2	2	19	0.39	0.044	21	1	0.05	60	0.01	2	0.94	0.05	0.14	1	1
CR-FV-519	1	7189	8	122	6.9	28	175	885	11.15	135	5	2	4	2	4	2	23	0.11	0.004	6	16	1.74	5	0.06	3	2.31	0.03	0.01	2	14
A-208-R	1	37	26	125	0.4	24	12	27	2.38	4	5	22	13	7	2	2	12	0.31	0.074	29	12	0.65	48	0.07	4	1.04	0.01	0.12	1	1
A-212-R	1	367	15	560	0.6	7	11	640	3.85	7	5	1	13	2	2	3	6	0.67	0.050	6	3	0.42	26	0.01	11	0.41	0.01	0.23	1	1
A-213-R	1	23	15	5	0.5	4	2	18	0.89	22	5	1	1	1	2	2	1	0.01	0.002	4	2	0.01	11	0.01	8	0.11	0.01	0.06	1	11
A-233-R	1	10	2	70	0.1	2	4	567	2.39	2	5	2	32	1	2	2	12	0.20	0.031	9	2	0.27	16	0.01	10	0.28	0.02	0.02	1	1
A-237-R	3	268	5	142	0.5	8	8	658	5.66	13	5	1	3	1	2	2	6	0.02	0.002	2	3	0.01	21	0.01	2	0.03	0.01	0.01	1	3
CR-FV-820-Q	3	77	39	79	0.2	8	31	1317	9.48	21	5	4	6	1	6	2	64	0.03	0.055	24	14	1.30	108	0.04	2	5.46	0.01	0.11	4	3
CR-FV-821-Q	2	2873	187	843	49.0	7	7	27	18.17	1013	5	1	3	3	402	29	9	0.02	0.002	3	4	0.01	6	0.01	2	0.21	0.01	0.11	1	480
CR-FV-823-Q	17	996	1086	915	10.6	3	6	234	9.03	239	5	4	3	1	53	12	21	0.02	0.056	11	3	0.02	21	0.01	2	0.43	0.01	0.14	1	106
CR-FV-827-Q	5	38	14	15	0.2	6	3	42	2.33	10	5	12	2	1	5	2	1	0.01	0.003	12	5	0.02	22	0.01	2	0.31	0.01	0.15	1	5
CR-FV-838-Q	3	109	13	29	0.1	9	15	296	5.08	23	5	1	5	1	1	2	15	0.22	0.073	8	8	0.56	32	0.01	4	0.90	0.01	0.26	2	7
CR-FV-665	4	16	14	43	0.1	11	4	405	1.90	9	5	4	8	1	3	2	9	0.16	0.020	10	11	0.21	24	0.03	5	0.61	0.04	0.14	2	2
FV-848	2	16	24	61	0.1	6	2	63	1.28	15	5	1	4	1	2	2	1	0.02	0.008	2	5	0.01	20	0.01	9	0.34	0.02	0.09	1	82
MP-506-B	1	9	19	453	0.1	104	7	228	1.13	8	5	1	11	1	2	3	5	0.69	0.001	2	127	1.67	29	0.01	4	1.97	0.01	0.10	2	46
MP-530-A	5	232	32	154	0.6	24	42	4384	29.22	19	5	1	17	1	2	2	17	0.38	0.125	2	10	0.87	39	0.01	2	1.04	0.01	0.01	1	2
MP-530-B	5	16	2	20	0.1	8	17	96	0.65	17	5	1	3	1	2	2	2	0.03	0.003	2	6	0.02	1	0.01	2	0.06	0.01	0.01	1	1

ANÁLISIS POR LABORATORIOS ACME, VANCOUVER

CORTESÍA DE B. P. MINERALS INTERNATIONAL, QUITO

DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS (TABLA 3)

CR-FV-372: Al oeste de La Florida (Gima-Nueva Tarqui), rocas volcánicas con pirita (Fm. Chapiza?).

CR-FV-380-B: Río Collay (Hoja Córdova, 617-831), bloque rodado de roca volcánica silicificada con pirita.

CR-FV-462; CR-FV-463: Quebrada Afiladeras (Hoja Zumba, 210-612), rocas volcanoclásticas (tobas?).

CR-FV-519: Río Tintas (Hoja Córdova, 708-816), bloque rodado, felsita reciente.

A-208-R: Río Collay (Hoja Córdova, 612-825), vetillas de cuarzo con sulfuros.

A-212-R; A-213-R: Río Dominguillo (Hoja Guachapala, 685-915), felsitas con pirita, zona de contacto con cuerpo de pórfido Terciario (Cerro Negro).

A-233-R: Río Culebrillas (Hoja Córdova, 599-740), felsita con pirita.

A-237-R: Río Burro Playa (Hoja Principal, 574-628), bloque rodado de felsita alterada con pirita.

CR-FV-820-Q; CR-FV-821-Q; CR-FV-823-Q: Camino Amaluza-Zumba (Hoja Laguna Cox, 784-720), de zonas de arrastre ricas en sulfuros en el batolito Portachuela.

CR-FV-827-Q: Río Isimanchi (Hoja Laguna Cox, 6807-94709), bloque rodado de felsita rica en pirita.

CR-FV-838-Q: Río Vergel aguas arriba (Mapa 11), rodado de roca de cuarzo y pirita.

CR-FV-665: Laguna Arrebatada (Hoja Amaluza, 884-904), pórfido con pirita.

FV-848: Río Macuchi (Hoja Nabón, 7213-96224), bloque rodado de cuarzo con turmalina pegmatítica.

MP-506-B: Quebrada Ñancaroyacu (8193-99306) bloque rodado de roca con fuchsita.

MP-530-A: Río Cosanga (1738-99270), bloque de talud de la Formación Napo con pirita.

MP-530-B: Río Cosanga (1738-99276), bloque rodado de roca de carbón.

TABLA 4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS TRAZA DE ROCAS

MUESTRA	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	Ti (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Sn (ppm)
RB-209-B		46	Nd	146		218	20	240	1.54							
RB-209-E		32	Nd	32		223	10	225	1.09							
RB-209-G		13	20	31		1000	65	650	3.45							
RB-247-A		17	10	49		106	Nd	316	1.06							
FV-285-Q		14	50	38		2200	90	980	4.84							
FV-291-A		11	40	46		1750	90	990	4.47							
FV-285		21	25	71		1550	85	740	4.52							
RB-296-B		19	50	69	6	1780	75		5.43		52	1900				
RB-313-A		20	55	268	1	850	30		15.99		232	146				
RB-326-C		390	20	26	3	344	960		27.33		79	40				
RB-342		140	Nd	128	1	3560	140		8.76		34	3900				
RB-353-A		30	20	126	3	549	30		9.60		191	174				
RB-353-E		100	Nd	194	Nd	1680	100		6.50		34	1600				
RB-353-G		40	Nd	96	1	1080	40		8.22		214	219				
RB-353-I		60	Nd	840	Nd	166	60		12.60		379	82				
MP-466-B		62	42	114	Nd	32	96	302				29			0.10	
MP-472-M		14	68	66	Nd	70	42	800				43			Nd	
MP-475		1000	34	54	Nd	96	278	438				4			0.35	
MP-488		30	48	100	4	110	110	3200				63			Nd	
MP-494-A		10	64	58	Nd	110	106	5600				64			0.35	
MP-494-D		28	78	42	Nd	152	1100	756				74			0.30	
MP-502	Nd	9	44	69	Nd	622	45	375	3.02		12	72	45	11	Nd	
MP-503	17	12	109	86	Nd	230	20	2000	3.39		34	86	693	8	Nd	
MP-514-C	5	14	173	54	3	185	27	1200	7.80		460	165	3300	18	Nd	
MP-514-D	2000	24	217	54	8	424	60	802	8.13		1900	493	19600	9	Nd	
MP-519	123	15	47	114	Nd	847	43	382	2.63		36	315	370	23	Nd	
MP-520-B	Nd	7	41	204	Nd	636	51	1100	3.46		17	315	51	6	Nd	
FV-716														31	Nd	Nd
FV-848														19		Nd

Nd = No detectado

ANÁLISIS POR LOS LABORATORIOS DE INEMIN, CHILLOGALLO

DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS (TABLA 4)

RB-209-B; RB-209-E: Camino Penipe-Río Blanco (7750-98233), afloramientos de hornblendita, división Peltetec.

RB-209-G: Como arriba, afloramiento de serpentinita.

RB-247-A: Camino Taday-Huaraiñay (7618-97082). Roca de hornblenda-asbesto del complejo ultramáfico Tampanchi.

FV-285-Q: Río Palenque, sur de Pasaje (El Oro), ca. 5 km SE de la cantera, afloramiento de serpentinita.

FV-291-A: Cantera, ca. 2 km norte de Tahuín (El Oro), serpentinita del cuerpo El Toro.

FV-285: Río Palenque, sur de Pasaje (El Oro), serpentinita de la cantera.

RB-296-B: Quebrada de Los Incas, unión con el Río Mayo (7901-98582), bloque de serpentinita.

RB-313-A: Cerro Hermoso (8016-98638), afloramiento de roca de granate con sulfuros.

RB-326-C: Cerro Hermoso (8012-98643), esquisto con sulfuros de sitio de antiguos trabajos.

RB-342: Norte del Río Antisana (8159-99322), muestra de afloramiento de serpentinita Soledad.

RB-353-A: Norte del Río Antisana, Quebrada Chiriyacu (8195-99306), muestra de bloque de serpentinita.

RB-353-E: Como arriba, bloque de metalava máfica con sulfuros.

RB-353-G: Como arriba, bloque de roca de epidota del skarn Urcucocha.

RB-353-I: Como arriba, bloque de metalava máfica mineralizada.

MP-466-B: Río Oyacachi, camino de herradura, (8336-9975) bloque de roca de feldespato mineralizada.

MP-472-M: Río Chalpi (1700-99721), cerca al Río Oyacachi, bloque de roca grafítica con sulfuros.

MP-475: Río Oyacachi (1763-99733), ortogneis Río Cedro con pequeña mineralización Cu.

MP-488: Río Oyacachi (1819-99700), bloque rodado, roca verde metavolcánica bandeada con sulfuros.

MP-494-A; MP-494-D: Río Quijos (8372-99520), bloques rodados de skarn cálcico-magnetítico.

MP-502: Norte del Río Antisana (8159-99322), Valle de la Quebrada Soledad, muestra de afloramiento de serpentinita.

MP-503: Norte del Río Antisana (8174-99324), afloramiento de granito Tres Lagunas intemperizado con mineralización.

MP-514-C; MP-514-D: Cerro Urcucocha (8227-99298), muestras de la roca de epidota (skarn).

MP-519: Río Cosanga (8275-99336), bloque rodado de serpentinita con veta de asbesto.

MP-520-B: Río Cosanga (8313-99336), bloque rodado de cuarcita con sulfuros.

FV-716: Río Espíritu Playa (Mapa 14), granito Terciario con alteraciones y presencia de pirita.

FV-848: Río Macuchi (7213-96224), bloque rodado de cuarzo con turmalina pegmatítica.

APÉNDICE 2

Análisis geoquímico de sedimentos fluviales

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3776
N° de MUESTRAS: 10 (diez)
PROCEDENCIA: Varios

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios

FECHA: 89-04-17

SOLICITADO POR: Ing. Ramiro Bermúdez
PROYECTO: Cordillera Real

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica

FECHA: 89-04-17

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Cr (ppm)**	**Mo (ppm)**
CR-B-068-F	89	Nd
CR-B-069-F	38	Nd
CR-B-070-F	91	Nd
CR-B-071-F	112	Nd
CR-B-072-F	156	Nd
CR-B-073-F	84	Nd
CR-B-074-F	51	1
CR-B-076-F	72	1
CR-B-077-F	75	2
CR-B-078-F	70	1

Nd = No detectable, menor que 1 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

68-71 Triunfo Cerro Hermoso (Litherland, 1988, Mapa 8)

72-78 Antisana-Río Cosanga (Litherland, 1988, Mapa 6)

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3915
N° de MUESTRAS: 7 (siete)

PROCEDENCIA: Napo
Oyacachi- El Chaco (Mapa 3)
SOLICITADO POR: Ing. Miguel Pozo
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 88-12-27

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 88-12-28

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**	**Pb (ppm)**	**Co (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Ag (ppm)**	**Ni (ppm)**	**As (ppm)**
F-93	0.32%	108	62	22	54	Nd	82	198
F-95	664	90	30	26	56	Nd	32	105
F-96	0.38%	120	26	44	46	Nd	70	150
F-99	0.11%	98	34	48	40	Nd	46	125
F-98	848	110	42	34	52	Nd	98	115
F-100	884	106	24	52	52	Nd	108	150
F-101	832	124	52	36	40	Nd	70	98

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

MARIANA LÓPEZ
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4007
N° de MUESTRAS: 4 (cuatro)

PROCEDENCIA: Napo-Papallacta
SOLICITADO POR: Ing. Miguel Pozo
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-05-05

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-05-06

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	V (ppm)	Cu (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Au (ppm)	As (ppm)	W (ppm)	Mo (ppm)
F-108	97	156	39	91	29	12	55	107	Nd	85	Nd	Nd
F-109	395	145	36	162	55	Nd	1	59	Nd	105	Nd	Nd
F-110	151	195	53	116	42	7	21	67	Nd	70	Nd	Nd
F-111	93	162	51	87	51	19	92	164	Nd	165	Nd	Nd

Nd = No detectable, menor que 0.1 ppm de Au, 1 ppm de Ag, 15 ppm de W, 16 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

108, 109 Río Cosanga-Aliso (Mapa 4)

110 Río Azuela (Mapa 5)

111 Río Chalpi de Papallacta

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3999
N° de MUESTRAS: 7 (siete)

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-04-24

PROCEDENCIA: Napo-Papallacta
Río Salado-Río Diviso (Mapa 7)
SOLICITADO POR: Ing. Miguel Pozo
PROYECTO: Cordillera Real

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-05-03

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Zn (ppm)**	**Pb (ppm)**	**Co (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Ag (ppm)**	**Ni (ppm)**	**Cr (ppm)**	**Mo (ppm)**	**As (ppm)**
112F-3	156	108	28	28	1	62	54	14	36
113F-3	140	119	28	53	Nd	43	28	Nd	40
115F-4	127	125	35	52	Nd	76	81	Nd	28
116F-4	159	146	43	69	1	79	82	Nd	22
117F-4	102	110	30	52	Nd	46	29	17	42
119F-4	90	121	31	50	5	53	55	21	44
120F-4	106	149	41	71	4	57	55	22	42

Nd = No detectable

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3893
N° de MUESTRAS: 9 (nueve)

PROCEDENCIA: Loja-Zamora Chinchipe
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara, Jefe de Laboratorios — FECHA: 88-12-01

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín, Director de investigación geológica — FECHA: 88-12-01

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Zn (ppm)**	**Pb (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Ag (ppm)**	**Fe (%)**	**Co (ppm)**	**Ni (ppm)**	**Mn (ppm)**
CR-147-F	78	24	12	Nd	8.00	20	60	600
CR-151-F	326	46	120	Nd	19.60	60	100	0.19%
CR-152-F	106	32	68	Nd	9.80	40	80	980
CR-148-F	70	50	8	Nd	8.80	20	80	860
A-229-F-V	108	42	22	Nd	3.00	20	100	940
A-226-F-V	62	28	6	Nd	1.40	20	60	0.10%
A-228-F-V	100	12	18	Nd	3.40	20	80	0.10%
A-227-F-V	114	40	16	Nd	6.20	20	80	0.11%
A-230-M-V	124	46	12	Nd	11.00	80	180	0.14%

Nd = No detectable, menor que 2 ppm de Ag

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

MARIANA LÓPEZ
Jefe de Determinaciones Analíticas

147-152 Palanda-La Canela (Mapa 11)

226F-V-229F-V Amaluza-Mangira-Palanda (Mapa 11)

230M-V Río Mayo ca. 1.5 km arriba de la unión con el Río Isimanchi (Hoja topográfica Zumba, 124-652).

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3893
N° de MUESTRAS: 9 (nueve)
PROCEDENCIA: Loja-Zamora Chinchipe

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-02-22

SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-02-24

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	V (ppm)	Ti (%)	Cr (ppm)
CR-147-F	88	0.14	19
CR-151-F	655	1.04	51
CR-152-F	316	0.44	25
CR-148-F	112	0.16	29
A-229-F-V	72	0.41	39
A-226-F-V	25	0.37	8
A-228-F-V	58	0.49	21
A-227-F-V	130	0.47	26
A-230-M-V	296	0.65	35

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

147-152 Palanda-La Canela (Mapa 11)

226F-V-229F-V Amaluza-Mangira-Palanda (Mapa 1)

230M-V Río Mayo ca. 1.5 km aguas arriba de la unión con el Río Isimanchi (Hoja topográfica Zumba, 124-652).

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3942
N° de MUESTRAS: 4 (cuatro)
PROCEDENCIA: Morona Santiago
Cochapata-Yacuambí (Mapa 14)
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-01-04

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-01-09

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Fe (%)	Cr (ppm)	Ca (%)	Al (%)	As (ppm)
A-157-F	13	65	11	552	12	1	9	1.78	22	0.61	1.69	130
A-158-F	22	30	12	371	24	Nd	Nd	1.68	1	0.21	1.00	120
A-160-F	54	82	18	650	18	Nd	Nd	2.61	14	0.55	1.85	115
A-163-F	39	27	11	442	17	Nd	Nd	2.14	Nd	0.11	1.28	110

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

MARIANA LÓPEZ
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3942
N° de MUESTRAS: 4 (cuatro)

PROCEDENCIA: Morona Santiago
Cochapata-Yacuambí (Mapa 14)
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-02-27

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-02-28

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Mo (ppm)**
A-157-F	Nd
A-158-F	Nd
A-160-F	Nd
A-163-F	Nd

Nd = No detectable, menor que 5 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3735
N° de MUESTRAS: 15 (quince)
PROCEDENCIA: Sigsig-Principal
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 88-04-08

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 88-04-12

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Ag (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
A-105	1	31	20	Nd	179	8	Nd
A-106	Nd	25	20	Nd	110	9	Nd
A-107	2	111	20	Nd	316	16	Nd
A-108	4	332	320	15	1380	42	Nd
A-109	Nd	184	30	10	371	44	19
A-111	1	79	30	30	585	62	33
A-113	Nd	55	25	20	409	65	9
A-114	Nd	45	20	Nd	322	57	Nd
A-115	Nd	49	20	45	348	44	Nd
A-116	Nd	60	20	25	466	840	Nd
A-117	Nd	50	Nd	30	507	56	Nd
A-118	Nd	105	300	30	575	499	13
A-120	Nd	52	Nd	35	543	45	9
A-121	Nd	64	20	30	870	57	19
A-123	Nd	45	20	40	390	43	18

Nd = No detectable, menor que 10 ppm de Pb y Co, 1 ppm de Ni y Ag

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de Mo y Cr no pueden aún ser reportados por no disponer del equipo necesario

105-108 Río Santa Bárbara-Mina Peggy (Sigsig) (Litherland, 1988, Mapa 13).

109 Río Osocachi (NW de Principal)

111-123 Oña-Yacuambí (Litherland 1988, Mapa 15).

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3793
N° de MUESTRAS: 34 (Treinta y cuatro)
PROCEDENCIA: Azuay
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 88-05-08

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 88-05-

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Ag (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)
A-88-126	Nd	58	20	10	20	40	39
A-88-127	Nd	60	20	20	Nd	50	50
A-88-128	Nd	85	20	20	20	20	29
A-88-129	Nd	100	50	10	20	30	36
A-88-130	Nd	156	50	40	45	65	52
A-88-131	Nd	135	50	70	65	50	39
A-88-132	Nd	146	50	100	60	55	31
A-88-133	Nd	240	95	190	65	60	60
A-88-134	Nd	219	100	270	100	35	104
A-88-135	Nd	205	90	80	100	90	57
A-88-136	Nd	90	40	40	85	70	21
A-88-137	Nd	82	30	60	80	90	21
A-88-138	Nd	90	10	50	30	50	26
A-88-200	Nd	89	40	20	50	60	18
A-88-201	Nd	60	10	20	30	Nd	18
A-88-202	Nd	90	20	10	30	20	13
A-88-203	2	50	20	20	30	40	29
A-88-204	2	63	30	20	30	30	20
A-88-205	Nd	95	20	30	50	40	48
A-88-206	4	205	60	20	80	50	42
A-88-207-A	Nd	57	10	Nd	10	25	18
A-88-207-D	3	186	70	50	70	50	34
A-88-208	Nd	39	30	Nd	60	35	16
A-88-209	1	36	30	10	40	35	9
A-88-210	Nd	380	40	100	55	40	18
A-88-211	2	137	20	70	40	20	23
A-88-214	Nd	56	Nd	10	25	40	21
A-88-215	3	99	10	30	40	45	13
A-88-216	3	60	10	10	30	40	21
A-88-217	Nd	56	Nd	20	35	40	26
A-88-219	3	54	10	20	50	40	13
A-88-221	Nd	50	20	40	20	30	23
A-88-222	1	149	40	60	80	20	28
A-88-225	3	97	10	20	55	20	16

Nd = No detectable, menor que 1 ppm de Ag, 10 ppm de Pb, Co, Cu y Ni

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de Cr y Mo no pueden aún ser reportados.

126-138 Gima-La Florida-Nueva Tarqui (Litherland, 1988, Mapa 14)

200-205 Gima-Chigüinda-Gualaquiza (Mapa 14)

206-222 Sevilla de Oro-Copal (incluye Río Copal, 206-209) (Mapa 11)

225 La Merced- Río Arenillas (Mapa 12)

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3795
N° de MUESTRAS: 9 (nueve)
PROCEDENCIA: Azuay
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 88-05-19

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 88-05-20

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Ag (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)
A-88-224	Nd	112	20	60	50	50	33
A-88-226	1	117	20	50	30	45	23
A-88-227	1	69	Nd	20	20	30	23
A-88-228	2	70	Nd	50	45	40	38
A-88-229	Nd	74	20	40	40	30	25
A-88-231	Nd	78	20	20	30	30	26
A-88-232	Nd	47	30	Nd	40	35	18
A-88-234	Nd	56	30	Nd	20	20	21
A-88-236	Nd	120	60	90	20	30	30

Nd = No detectable, menor que 1 ppm de Ag, 10 ppm de Pb y Cu

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

Travesía Palanda-La Canela-Río Pangura

224-229 La Merced-Arenillas

230-236 Maylas-La Merced

(Litherland, 1988, Mapa 12)

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3795
N° de MUESTRAS: 9 (nueve)
PROCEDENCIA: Azuay

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios

FECHA: 89-04-13

SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica

FECHA: 89-04-17

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Cr (ppm)**	**Mo (ppm)**
A-88-224	53	13
A-88-226	81	Nd
A-88-227	41	Nd
A-88-228	52	Nd
A-88-229	58	Nd
A-88-231	71	30
A-88-232	50	Nd
A-88-234	39	2
A-88-236	49	3

Nd = No detectable, menor que 1 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

APÉNDICE 3

Informe de visita acerca del trabajo completado en
las tres fajas de minerales en la Cordillera Real, Ecuador,
durante mayo, junio y julio 1988

por

M. C. G. Clarke, BSc., PhD, MIMM
BGS

Reporte No. WC/88/29/R

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

Julio 27 Preparar y dar una ponencia informal acerca de Peligros Volcánicos y su Mitigación en Indonesia. Asistir a la cena del Proyecto, organizada por el Ing. G. Bixby, Gerente General, INEMIN

Julio 29 Salida de Quito hacia Miami

1. INTRODUCCIÓN

Esta visita representa un aporte especializado al presente Proyecto bilateral Cordillera Real, que comenzó en 1986 y terminará en 1990. El proyecto ha hecho un considerable progreso en la comprensión del marco geológico regional por lo que se consideró que las varias ocurrencias minerales encontradas en el área del Proyecto requieren un estudio más detallado.

El Líder del Proyecto (UK), Dr. Litherland, solicitó que este estudio se concentre en la parte meridional del área del Proyecto, aquella parte familiar al Ing. Viteri, que será la contraparte geológica del autor de este informe.

También se decidió que la investigación se enfoque en el modo de ocurrencia y génesis de la mineralización primaria, particularmente en los siguientes 3 "cinturones" minerales (como se los definió en el Informe Anual del Proyecto 1987-1988):

(a) Cinturón de oro Subandino

Está geográficamente asociado con un complejo volcano-plutónico en la parte SE del área del Proyecto, se conocía que incluye los importantes depósitos primarios relacionados a skarn de tipo Nambija.

(b) Cinturón de oro Collay-Shincata

La zona está geográficamente confinada a la parte occidental de la Cordillera Real, en esencia entre la principal divisoria de aguas Andina y el 'frente Baños'. Dentro de esta área se encuentran algunas de las antiguas, famosas áreas mineras aluviales. No se conoce fuentes primarias.

(c) Cinturón de 'estaño-tungsteno' Tres Lagunas

Es definido como el resultado del reconocimiento de un conjunto de granitos 'tipo-S' asociados con una zona de muy fuerte deformación, el frente Baños. Los geólogos del Proyecto interpretan que tanto los granitos como la deformación son el producto de la colisión tectónica.

Este reporte debe ser considerado como un esquema de la naturaleza del trabajo realizado. Aunque se indican algunas interpretaciones generales, éstas sólo son ideas preliminares y serán notablemente desarrolladas y modificadas en el reporte completo que se entregará en una fecha posterior.

Se incluye la lista de muestras recolectadas en las Tablas 1, 2 y 3.

2. OBJETIVOS DE LA VISITA

(1) Evaluar el material archivado disponible en Quito.

(2) Visitar áreas representativas y localidades mineralizadas en los tres cinturones, para entender las generalizaciones realizadas en el Informe Anual del Proyecto respecto al modelo geológico que actualmente es interpretado por el grupo residente.

(3) Establecer en el campo el estilo de las ocurrencias minerales conocidas e intentar localizar más ocurrencias, particularmente primarias.

(4) Recolectar muestras representativas para ensayos, análisis e investigación de laboratorio con el fin de obtener una comprensión más detallada del estilo y modo de ocurrencia de la potencial mineralización económica.

(5) Compartir los resultados de la visita con el pertinente personal ecuatoriano.

(6) Evaluar la necesidad de alguna contribución especializada futura respecto a la mayor comprensión del potencial mineral del área.

3. TRABAJO COMPLETADO

(1) Durante la visita se trabajó 49 días en el campo y 18 en Quito (total 67), completando el requisito de ODA de tres meses de trabajo (en términos de días laborables).

(2) Con la ayuda del personal de INEMIN se obtuvo algunas referencias y compilación de información previa y se extrajo el material relevante. Algunas compañías mineras y de exploración también contribuyeron con datos.

(3) El trabajo de campo comenzó con una visita introductoria de 4 días dirigida por el Dr. J. Aspden y el Ing. Francisco Viteri, del equipo residente. El trabajo de campo restante fue realizado en compañía del Ing. Viteri y Sr. M. Célleri, viajando con Landrover, con mula o a pie, a veces desde las tiendas de campaña o desde campamentos mineros. Pasamos 17 días en el cinturón Subandino, 15 en la zona del Granito Tres Lagunas, 8 en el cinturón Collay-Shincata y el resto en la apreciación regional (mayormente durante el viaje).

(4) Se recolectó más de 200 muestras de roca de 90 localidades para referencias y estudios posteriores y 45 muestras de bateado compuestas, principalmente en un intento para determinar si la mineralización de estaño y tungsteno está asociada a la zona del Granito Tres Lagunas. Estas rocas y muestras de minerales pesados están siendo enviadas a los laboratorios de BGS en UK para un estudio posterior (la lista de muestras de roca y bateadas se incluye en este reporte).

(5) La cooperación tanto en la oficina como en el campo con el geólogo acompañante de INEMIN Ing. Viteri fue productiva y amena. El Ing. Viteri realizó importantes anotaciones y su esfuerzo resultó en los mapas de ubicación de travesía/muestras que están siendo preparados. El Sr. Célleri fungió como conductor y como un valioso asistente de campo. No exagero en reconocer los esfuerzos de ambos para que la visita sea un éxito.

4. ALGUNAS CONCLUSIONES PRELIMINARES (GENERALES)

La siguiente sección fue escrita 4 días después de regresar de la segunda de 2 exhaustivas comisiones de campo, no se tiene la intención de que sea un informe completo. Sin embargo, en este punto se pueden realizar algunas generalizaciones sólo con base en las observaciones de campo (El trabajo analítico planeado, es importante antes de que se realice una interpretación completamente documentada).

(1) El modelo geológico general, que involucra eventos tectónicos de muy gran escala, se beneficiaría de estudios estructurales más detallados. Por ejemplo, dos eventos con estilos contrastantes son claramente visibles en gran parte de la unidad de semipelita tanto al este de Cuenca como al sur de Loja. Ambos eventos son cortados por un granito de dos micas 'tipo-S' en la Loma del Inca que no tiene deformación.

(2) **El cinturón de oro Subandino** incluye al menos cuatro depósitos primarios de oro, los cuales están claramente asociados con intrusiones volcánicas a subvolcánicas más jóvenes que el batolito regional. En un caso, Piuntza, se observó brechas y tobas tanto intrusivas como extrusivas, la presencia de lapilli acrecional justificaba las últimas (tobas). En dos casos se demostró que los intrusivos eran de composición silícica altamente evolucionada y que probablemente estarían zonados verticalmente desde stockworks Au/Qz de alto nivel hasta brechas y vetas de Au/metales base en profundidad. Adicionalmente se ocupó 3 días en Nambija durante los cuales 6 de las operaciones de minería subterránea fueron visitadas. Los depósitos primarios en Nambija (y quizás los cercanos depósitos de Campana, Campanilla y Guaysimi) son atípicos en el sentido de que tanto las estructuras lineales mayores como la presencia de abundantes rocas calco-silicáticas (skarns) son los controles principales. Sin embargo, la mayoría de oro visible en Nambija es con certeza el resultado de un evento más joven que el skarn, puesto que se presenta en vetillas de cuarzo que cortan a la roca hospedante calco-silicática. Se sospecha de un evento intrusivo más joven.

Las perspectivas de encontrar más depósitos primarios de metales base-oro en el cinturón Subandino son consideradas como muy probables.

(3) **El cinturón Collay-Shincata** ha sido por largo tiempo el foco de trabajos de oro aluvial, pero no se ha registrado ocurrencias primarias. Durante esta investigación una antigua galería fue redescubierta en el Río Ayllón en la que se trabajaba vetas de cuarzo, cortando a semipelitas, con sulfuros de Cu, Pb y Zn. Futuros ensayos con muestras de la *veinstone* indicarán si existe oro. Posiblemente el hallazgo más importante de este cinturón fue el bloque rodado compuesto por una veta de cuarzo/arsenopirita en la que había granos visibles de oro. El margen de la veta es un volcánico alterado de composición intermedia. Una tercera indicación es la presencia de frecuentes bloques de río de una roca con cuarzo/pirita/sericita (claramente derivada de un cuello volcánico no visitado al SE del Río Burro Playa) en un área de trabajos aluviales. Por tanto, en este cinturón también existen indicaciones de que el oro (y los metales base) estarían asociados con intrusiones subvolcánicas más jóvenes (incluso terciarias).

(4) **La zona del Granito Tres Lagunas** delineada como resultado del trabajo del Proyecto es con certeza de afinidad 'tipo-S' y a menudo está fuertemente deformado, incluso milonitizado, por un evento estructural regional. Es frecuente la turmalina y moscovita, a veces ocurre greisenización. Sin embargo, en la mayoría de casos, la fuerte deformación post-intrusión desdibujó los contactos originales donde era más posible que se presente la mineralización. Por esta razón el muestreo de minerales pesados a menudo se lo realizó en afluentes que drenaban los contactos. Ni en las rocas ni en el bateado se reconoció minerales de Sn o W, pero cualquier conclusión debe esperar por los resultados analíticos.

Dos pequeñas intrusiones de alto nivel de granito de biotita/moscovita en Loma del Inca y en la nueva vía entre Loja y Saraguro, tienen pegmatitas y diques de cuarzo/moscovita/turmalina, cortando semipelitas greisenizadas. Estas ocurrencias son evidentemente post-tectónicas y, aunque son de afinidad 'tipo-S', seguramente son más jóvenes que el mismo Granito Tres Lagunas el cual es en gran parte pre- o sin-tectónico. Una vez más, en rocas similares no se observó Sn o W (o metales base), pero un subsecuente ensayo y análisis darán luz a las posibilidades económicas de este conjunto (compuesto) de rocas. (Si se consideran las dos edades aparentemente demostradas es de interés que los granitos 'tipo-S', altamente económicos, de edad tanto mesozoica como miocénica estén presentes en la Cordillera Real de Bolivia).

Existe otra área de granitos 'tipo-S' no deformados en Espíritu Playa al este de Gima, sin embargo, se puede demostrar que es progresivamente tectonizado conforme el afloramiento (aprox. 10 km de ancho) es seguido hacia el oeste hacia el frente Baños. Existen extensas áreas de posible interés económico de granito alterado e impregnado con sulfuros asociado con una intrusión granodiorítica más joven. En el oeste, las partes más tectonizadas de este granito son zonas de metasedimentos en cuyos contactos se observa greisens.

AGRADECIMIENTOS

Esta visita fue financiada, en el lado de UK, por ODA (Overseas Development Administration) en términos de su acuerdo de cooperación técnica bilateral con Ecuador. La institución contraparte, INEMIN, bajo la dirección del Ing. Guillermo Bixby, Gerente General, proporcionó la asistencia, hospitalidad y costos locales para el trabajo de campo. El personal de INEMIN vinculado al Proyecto, Ing. F. Viteri, Ing. M. Pozo y Sr. M. Célleri, suministró el apoyo especializado y personal en todo momento. La oficina del proyecto estuvo bajo el sereno y eficiente control de la Sra. Verónica Endara, a la cual se le agradece particularmente por la preparación de la lista de muestras y este reporte, en un plazo muy corto.

El Dr. y la Sra. Aspden brindaron una agradable acogida y, la Embajada Británica, en particular la Sra. F. Gristock y el Sr. D. Brigenshaw, el indispensable apoyo.

Numerosas personas y organizaciones prestaron sus servicios, incluyendo el Ing. E. Salazar (B. P. Minerals), Bill Mathais (Cyprus Minerals), Chester Sellers (Minas Sachacuri), Tori Birkeland, Frank Van Thournout (Misión Belga en INEMIN), Ing. Orbea e Ing. Bonifaz de la oficina regional de INEMIN en Zamora, y el Sr. Toledo (concesión Piuntza). En Nambija, los miembros de las siguientes sociedades nos facilitaron el acceso a sus trabajos y plantas: Velázquez, Benites, Playón, Reina del Cisne, Golden West, Castillo y Tocayos. En Chinapintza, la Sociedad Cariamanga y el Sr. Vincent Torres fueron de gran ayuda.

Las personas de las zonas de campo, en particular los asistentes y muleteros contratados localmente brindaron una ayuda amistosa y esencial.

Se agradece en particular al Sr. Ing. Guillermo Bixby y su esposa por ser anfitriones de la cena del proyecto al final de esta visita.

LISTADO DE MUESTRAS DE ROCAS Y BATEADAS

Tabla 1. Muestras de rocas recolectadas durante la primera comisión

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-1	Accesos occidentales a Sigsig. Prospecto aprox. 200 m W de la galería No. 1	Vetilleo con cuarzo-pirita en esquistos, algunas manchas de malaquita + azurita secundaria	Ensayo de la veta + esquisto para Cu, Pb, Zn, Au, Ag
CR-MC-2	Prospecto Sigsig inmediatamente al W del portal de la galería No. 2	Veta de 5-6cm con 80% de esfalerita café oscura remplazando a la esquistosidad	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Cd, Au, Ag
CR-MC-3	Muro posterior de la galería No. 2	Milonita o esquisto con clorita-sericita	Realizar sección delgada; ensayo para Au
CR-MC-4	como arriba	como arriba	como arriba
CR-MC-5	Zona de contacto de dique porfídico, 500 m W de la Mina principal Peggy	Volcánicos porfídicos color crema con una red de vetas de epidota	Ensayo para Au
CR-MC-6A	100 m E de MC-5	Joven dique porfídico volcánico-leucocrático cortado por vetilleo de epidota-clorita	Realizar sección delgada; ensayo para Au
CR-MC-6B	Contacto con el dique porfídico de arriba	Granito milonitizado o semiesquisto cuarzo-sericítico	Realizar sección delgada; ensayo para Au
CR-MC-7A	Mina Peggy – bloques del puente – se asume que representan el principal cuerpo mineralizado	Calcopirita >10% en matriz gris de cuarzo-clorita, también pirita, pyrm't + otros sulfuros	Sección pulida; ensayo para Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Sn
CR-MC-7B	Escombrera de la Mina Peggy, posiblemente de la galería No. 2	Galena + esfalerita + otros sulfuros menores. Brechando a un volcánico color crema (roca hospedante) + brecha	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Cd, Au, Ag
CR-MC-7C	como arriba	Sulfuros de Pb, Zn+Fe cortando transversalmente al granito foliado	como arriba
CR-MC-7D	Escombrera de la Mina Peggy, posiblemente el cuerpo mineralizado principal	Un complejo rango de sulfuros + clorita + turmalina + SiO_2 como alteración del granito foliado	Sección pulida. Ensayo para Cu, Pb, Zn, Ni, Bi, Au, Ag, Sn, W

Tabla 1. (*Continuación)*

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-7E	Mina Peggy, entre las galerías Nos. 2 y 3	*Veinstone* de cuarzo + pirita oquerosa (*vuggy*)	Ensayo para Au+Ag
CR-MC-8	Bloques de río justo abajo de las Minas Peggy	Granito Tres Lagunas relativamente no-deformado con megafeldespato + mucha biotita	Análisis completo de elementos mayores + menores
CR-MC-9	Bloque de deslizamiento del sendero al este de la galería principal de la Mina Peggy	Roca con cuarzo-turmalina (chorlo) – como remplazamiento del granito foliado	Ensayo para Au, Ag, Sn + W
CR-MC-10A	Bloque rodado de la confluencia de los Ríos Burro Playa + Río Tres Lagunas	Semiesquisto con cuarzo-sericita-clorita	Ensayo para Au
CR-MC-10B	como arriba	Roca hospedante volcánica (joven) con áreas oquerosas de sericita-clorita	Ensayo para Au
CR-MC-10C	como arriba	Volcánico ácido joven con mucha pirita	Ensayo para Au
CR-MC-11	400 m W del campamento de Tres Lagunas	Granito Tres Lagunas con una inusual alta proporción de moscovita aprox. < 4 mm.	Análisis de sección delgada
CR-MC-12	Lado norte de la montaña entre el Río Tres Lagunas y Río Huigra	Esquisto cuarzo-sericítico de la unidad semipelita, cortado por vetillas (3 mm) de cuarzo-pirita	Ensayo para Au
CR-MC-13	Detritos de deslizamiento 300 m al norte de MC-12	Estilo de plegamiento (F2) en bandas más cuarcíticas de la unidad semipelita	Describir y representar como ejemplo estructural
CR-MC-14	100 m río arriba en el Río Minas desde la confluencia con el Río Burro Playa	Granito Tres Lagunas con cuarzo azul, estirado, con cuarzos varillados (*rodded*) respecto a L2	Sección delgada. Describir y representar como ejemplo estructural
CR-MC-15A	50 m río arriba en el Río Tres Lagunas desde la confluencia con el Río Huigra	Felsita (volcánicos ácidos jóvenes) (forma una cascada)	Ensayo para Au
CR-MC-15B	Rodado abajo de la ubicación de MC-15A	Granito Tres Lagunas relativamente poco tectonizado	Análisis de sección delgada
CR-MC-15C	como arriba	Volcánico joven, afírico, leucocrático, bandeado, brechado por flujo	Ensayo para Au

Tabla 1. (*Continuación*)

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-15D	En la confluencia de MC-15C	Esquisto cuarzo-sericítico finamente foliado, milonítico	Ensayo para Au
CR-MC-16	Río Burro Playa 200 m aguas abajo desde la confluencia con el Río Minas	Zona de 3 cm de silicificación con pirita menor, cortando al Granito cizallado Tres Lagunas	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au, Ag
CR-MC-17	como arriba	Granito Tres Lagunas con cuarzo azul triturado y con sulfuros menores	como arriba
CR-MC-18	como MC-10	Rodado de roca con epidota-cuarzo	Ensayo para Au, Ag
CR-MC-19A	Río Burro Playa	Granito megacristalino Tres Lagunas	Sección delgada
CR-MC-19B	como arriba	Rodado de roca volcánica joven melanocrática (Susceptibilidad magnética = 10.0)	Sección delgada. Ensayo para Au
CR-MC-19C	como arriba	Rodado de volcánico joven, leucocrático, altamente sulfuroso (pirita), con xenolitos de cuarzo de aprox. 10 mm	Ensayo para Au, Ag
CR-MC-20	Río Minas como en MC-14	Granito Tres Lagunas tectonizado con megacristales de feldespato parcialmente cataclásticos	Representar como un ejemplo estructural
CR-MC-21	Cerca del río del campamento	Metacuarcita compacta típica de la unidad semipelita en esta área	Ensayo para Au
CR-MC-22A	Este de la Quebrada Reote, área de la Mina Peggy, en un dique porfídico	Volcánico joven brechado con sílice + algo de sulfuro	Ensayo para Au, Ag
CR-MC-22B	como arriba	Similar a MC-22A, principalmente sílice sulfurosa	como arriba
CR-MC-22C	como arriba	Dique porfídico color crema con cuarzo	como arriba
CR-MC-23	Rodado en el camino aprox. 1 km SSE de la Mina Peggy	Roca oxidada con cuarzo-clorita-epidota	como arriba

Tabla 1. (*Continuación*)

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-24	Rodado de río	Metavolcánico fresco, melanocrático con sulfuros menores	Sección delgada. Ensayo para Au
CR-MC-25A	Mena apilada en la entrada de una galería bloqueada en el banco oriental del Río Ayllón	Veta de cuarzo con inclusiones de semipelita con br'td. Considerable pirita + galena menor + esfalerita y trazas de bornita. Dos generaciones de cuarzo, la tardía siendo una drusa.	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Bi, Au, Ag
CR-MC-25B	como arriba	similar a arriba	como arriba
CR-MC-25C	como arriba	similar a arriba	como arriba
CR-MC-25D	como arriba	Otra muestra de mena apilada	como arriba + sección pulida
CR-MC-26A	Rodado 30 m aguas arriba de MC-25	Cuarzo brechado con relleno de cuarzo-pirita	Ensayo para Au, Ag
CR-MC-26B	Rodado 30 m aguas abajo de MC-25	Semipelita silicificada con aprox. 2% calco-pirita	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au, Ag
CR-MC-26C	como arriba	como arriba	
CR-MC-27A	Rodado en el Río Ayllón 400 m arriba del campamento	*Veinstone* de cuarzo con arsenopirita y ?oro, en contacto con volcánicos	Secciones pulidas, cortar con cuidado, microsonda. Ensayo para Au, Ag
CR-MC-27B	como arriba	Semipelita plegada con S0, S1 + S2	Representar como ejemplo estructural
CR-MC-27C	100 m debajo de 27-B (rodado)	Volcánicos más jóvenes similares a los que se encuentran como orillos en 27A	Sección delgada
CR-MC-28	Rodado en el Río Santa Bárbara	Semipelita silicificada con calcopirita. Similar a 26B	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au + Ag
CR-MC-29A CR-MC-29B CR-MC-29C CR-MC-29D CR-MC-29E	Bloques rodados de trabajos aluviales en el Río San Francisco cerca de la vía Gualaceo-Limón	En general rocas con epidota-cuarzo-clorita, con algo de pirita	Ensayo para Au, Ag de las porciones representativas
CR-MC-30	como arriba	Masa pirítica esponjosa. Susceptibilidad magnética de +50. Probablemente incluye pirrotina	Sección pulida. Ensayo para Au, Ag, Ni
CR-MC-31	Camino cortando el cuerpo ultrabásico Tampanchi	Dique de grano medio con biotita (+moscovita), cortando rocas ultrabásicas (susceptibilidad magnética = 0.25)	Análisis

Tabla 2. Muestras de rocas recolectadas durante la segunda comisión

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-32	Vía Palanda-Zumba	Volcánico joven con clorita, sulfuros y vetas de epidota	Ensayo para Au
CR-MC-33A	Banco sur del Río Mayo	Muestra fresca de la granodiorita Río Mayo	Análisis
CR-MC-33B	Banco sur del Río Mayo	Granodiorita Río Mayo con una veta de 1 mm de Cu	Ensayo para Au
CR-MC-34	Banco sur del Río Mayo	Rodado de metavolcánico con pirrotina diseminada	Ensayo para Au
CR-MC-35A, B, C; 36 a 42	Prospecto Los Planes (Sachacuri) (13 muestras)	Vetas de cuarzo, stockworks menores, algo de pirita	Ensayo para Au, seleccionar para fluidos
CR-MC-43A	Río San Francisco en Sachacuri	Veta de cuarzo con sulfuros	Ensayo para Au
CR-MC-43B	Río San Francisco en Sachacuri	Toba andesítica con sulfuros	Ensayo para Au
CR-MC-44A	Río Afiladeras, al norte de Sachacuri	Tobas de lapilli con sulfuros diseminados	Ensayo para Au
CR-MC-44B	Río Afiladeras, al norte de Sachacuri	Tobas silicificadas con sulfuros diseminados	Ensayo para Au
CR-MC-45	Vía antigua al oeste del Río Mayo	Roca volcánica alterada más magnetita y epidota	Ensayo para Au más sección delgada
CR-MC-46A, B, C	Vía principal al sur de Palanda	Granodiorita cizallada, silicificada, cloritizada	Ensayo para Au más sección delgada

Tabla 2. (*Continuación)*

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-47 a 49	Loma del Inca (este de Quilanga)	Granitos, vetas de cuarzo-turmalina, greisens	Ensayo para Sn-W
CR-MC-50A, B, C; 51; 52A, B	Margen norte de la cuenca de Malacatos	Granito Tres Lagunas tectonizado con turmalina	Seleccionar ejemplares y ensayo para Sn-W. Secciones delgadas
CR-MC-54A, B, C, D	Prospecto Piuntza	Brechas volcánicas, con sulfuros	Seleccionar ejemplares y ensayo para Au
CR-MC-55	Prospecto Piuntza	Pórfido cuarzo-feldespático con vetillas sulfurosas auríferas	Ensayo para Au
CR-MC-56A	Prospecto Piuntza (área de Circo)	Pórfido cuarzo feldespático muy fresco	Ensayo para Au, análisis
CR-MC-56B	Prospecto Piuntza (área de Circo)	Clasto metasedimentario mineralizado en v. Br.	Ensayo para Au
CR-MC-56C	Prospecto Piuntza (área de Circo)	v. Br. mineralizado	Sección delgada y análisis
CR-MC-57A	Prospecto Piuntza (Río Piuntza)	v. Br. mineralizado	Ensayo para Au
CR-MC-57B	Prospecto Piuntza (Río Piuntza)	Toba con lapilli acrecional	Representación
CR-MC-58	Prospecto Piuntza (Río Piuntza)	Veta de cuarzo con pirita y anhidrita?	Examinar y ensayo para Au
CR-MC-59	Prospecto Piuntza (Río Piuntza)	Roca de falla alterada, silicificada	Examinar y ensayo para Au
CR-MC-60	Canteras y escombreras arriba de Mapasingue	Volcánico, vetas de cuarzo, calcopirita	Identificar y ensayo
CR-MC-61	Mapasingue Alto (Nambija)	Volcánico cortado por clorita/pirita	Identificar y ensayo
CR-MC-62	Mapasingue Alto (Nambija)	Volcánico fracturado y mineralizado	Identificar y ensayo
CR-MC-62B	Mapasingue Alto (Nambija)	Epidota-cuarzo-calcita-calcopirita	Examinar y ensayo
CR-MC-63A, B, C	Mapasingue Alto (Nambija)	Mena volcanoclástica de bajo grado	Examinar y ensayo

Tabla 2. (*Continuación)*

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-63D, E	Mina principal Playón	Mineralización diseminada	Examinar y ensayo
CR-MC-64	Mina principal Playón	Varios tipos de mena	Examinar y ensayo
CR-MC-65 (2 bolsas)	Arco (Nambija)	Varios tipos de mena	Examinar y ensayo
CR-MC-66	Arco Golden West	Varios tipos de mena	Examinar y ensayo
CR-MC-67	Mapasingue Castillo	Mena de cuarzo-sulfuro	Examinar y ensayo
CR-MC-68	Mapasingue Tocayos	Típico material de escombrera	Examinar y ensayo
CR-MC-69	Bloques en el Río Campana	Brecha con mena de Campana	Examinar y ensayo
CR-MC-70	Puente del Río Chinapintza	Granodiorita alterada y veteada	Examinar y ensayo
CR-MC-71	Camino de acceso a Chinapintza	Granodiorita cizallada y alterada	Examinar y ensayo
CR-MC-72	Río Nambija	Microdiorita fresca	Sección delgada y análisis
CR-MC-73	Primeras tiendas de Chinapintza	Veta oxidada cortando a granodiorita	Ensayo
CR-MC-74	Trocha de mula hacia Chinapintza	Dique porfídico pálido	Sección delgada y ensayo
CR-MC-75	Trocha de mula hacia Chinapintza	Similar con silicificación	Ensayo
CR-MC-76	Trocha de mula hacia Chinapintza	Similar con silicificación	Ensayo
CR-MC-77	Sector occidental de Chinapintza	Veta fuertemente oxidada	Ensayo
CR-MC-78A-D	Sector occidental de Chinapintza	Sulfuros frescos de Cu, Pb, Zn, Ag en Br.	Sección pulida, ensayo, representación
CR-MC-79A, B	Sector suroccidental de Chinapintza	*Veinstone* oxidada	Ensayo
CR-MC-80	Granito post-tectónico al norte de Loja	Granito pegmatítico con dos micas	Sección delgada. Análisis
CR-MC-81A, B	Granito post-tectónico al norte de Loja	Cuatro greisens asociados con MC-80	Sección delgada. Ensayo para Sn/W
CR-MC-82	Al este de Saraguro	Microgranito biotítico	Sección delgada

Tabla 2. (*Continuación)*

MUESTRA No.	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN NECESARIA
CR-MC-83A	Trocha de mula hacia Espíritu Playa	Veta de cuarzo con óxidos	Ensayo para Au
CR-MC-83B	Trocha de mula hacia Espíritu Playa	Veta de cuarzo con turmalina	Ensayo para Sn/W
CR-MC-84	Trocha de mula hacia Espíritu Playa	Veta de cuarzo con sulfuros	Ensayo para Au
CR-MC-85A, B	Trocha de mula hacia Espíritu Playa	Greisens	Sección delgada. Ensayo para Sn/W
CR-MC-86	Río Chaufe (Espíritu Playa)	Rodado con sulfuros-cuarzo	Ensayo para Au
CR-MC-87A, B	Río Chaufe (Espíritu Playa)	Greisens y roca de contacto con cuarzo	Ensayo para Au, Sn/W. Sección delgada
CR-MC-88A	Río tributario de Espíritu Playa	Granito alterado y con sulfuros	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au. Sección delgada
CR-MC-88B	Río tributario de Espíritu Playa	Zona de cizalla de MC-88A rica en sulfuros	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au
CR-MC-89	Río Chaufe (Espíritu Playa)	Como en MC-88A	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au. Sección delgada
CR-MC-90	Río Cambana (norte de Nambija	Roca densa bandeada con pirita-clorita	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au
CR-MC-91	Rio Jadán (este de Cuenca)	Chert fracturado y rico en sulfuros	Ensayo para Cu, Pb, Zn, Au. Sección delgada
CR-MC-92	Desconocido (Área de Palanda?)	Diorita alterada, cuarzo-pirita	Ensayo para Au

Tabla 3. Lista de muestras bateadas (minerales pesados)

CÓDIGO	LUGAR	COORDENADAS	HOJA TOPOGRÁFICA /CENSAL, 1:50000
MC-P-01	Río San Francisco	5580-7140	Córdova (Censal)
MC-P-02	Río Shío	Principal	Sigsig
MC-P-03	Río Chorro Blanco	Principal	Sigsig
MC-P-04	Tres Lagunas	Tres Lagunas	Sigsig
MC-P-05	Tres Lagunas	Tres Lagunas	Sigsig
MC-P-06	Quebrada Huigra	Loma Fasanan	Sigsig
MC-P-07	Unión (Huigra y Tres Lagunas)	Loma Fasanan	Sigsig
MC-P-08	Chorro Blanco	Loma Fasanan	Sigsig
MC-P-09	Río Minas	Loma Fasanan	Sigsig
MC-P-10AB	Río Burro Playa	Burro Playa	Sigsig
MC-P-11	Río Minas	Loma Chancay	Sigsig
MC-P-12AB	Río Alcalcay	Alcalcay	Sigsig
MC-P-13	Río Santa Bárbara	4762-5785	Sigsig
MC-P-14	Cueva de Gallos	4880-5482	Sigsig
MC-P-15	Río Santa Bárbara (MS)	4880-5482	Sigsig
MC-P-16AB	Río Ayllón	Huacospamba	Sigsig
MC-P-17	Quebrada Oscura	Loma Obscuridad	Sigsig
MC-P-18	Santa Bárbara	Loma La Esperanza	Sigsig
MC-P-19	Río Ayllón	Loma La Esperanza	Sigsig
MC-P-20	Río Culebrillas	4885-5390	Sigsig
MC-P-21	Río Quebrado	4758-5698	Sigsig
MC-P-22	Quebrada Reote	4736-5840	Sigsig
MC-P-23	Río Mayo	1414-5420	Zumba
MC-P-24	Río San Francisco	2462-5812	Zumba
MC-P-25	Río Afiladeras	2305-6385	Zumba
MC-P-26	Quebrada Bejucales	2054-6212	Zumba
MC-P-27	Quebrada Sinchama	2040-6130	Zumba
MC-P-28	Quebrada Filaderos	2008-6086	Zumba
MC-P-29	Quebrada Nauchi	1855-5966	Zumba
MC-P-30	Quebrada San Francisco	9416-3752	Gonzanamá
MC-P-31	Quebrada Jaramillo	9210-3880	Gonzanamá
MC-P-32	Quebrada Naranjo Dulce	9025-4015	Nambacola
MC-P-33	Río Nangora	9816-3805	Vilcabamba
MC-P-34	Área Tunantza	3380-4530	Zamora
MC-P-35	Río Piuntza	3371-4468	Zamora
MC-P-36AB	Pequeño afluente	9196-7236	La Toma
MC-P-37AB	Río Aguarmeda	0531-9728	Saraguro
MC-P-38	Río Aguarmeda	0577-9684	Saraguro
MC-P-39	Pequeño afluente	0602-9790	Saraguro
MC-P-40	Pichanal	0641-9844	Saraguro
MC-P-41	Quebrada	Pullca Urco	Sigsig
MC-P-42AB	Río Chauli	Espíritu Playa	Sigsig
MC-P-43	Quebrada	Espíritu Playa	Sigsig
MC-P-44	Quebrada Azul	Espíritu Playa	Sigsig
MC-P-45	Quebrada Pequeño	Espíritu Playa	Sigsig

APÉNDICE 4

Borrador del informe final

Contribución a la comprensión del potencial mineral de los Andes ecuatorianos meridionales

por

M. C. G. Clarke, BSc., PhD, MIMM
BGS

Reporte No. WC/89/ /R

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

CONTENIDO

1. Introducción	87
2. Trabajo realizado	87
3. Resumen de importantes observaciones y conclusiones	90
4. Listado de los resultados de las muestras bateadas (Tabla 1)	92
5. Detalle por áreas del trabajo de campo y laboratorio (Tablas 2-10)	93
6. Geoquímica para la clasificación de un conjunto de granitos y volcánicos silícicos (Tabla 11).	
Agradecimientos	119
7. Referencia. 3 Notas sobre el estudio de un espécimen de mineralización por N. J. Fortey	127

NB. REF. 1 y 2 (que abarcan algunos resultados de este trabajo) se entregan por separado

Referencia 1 = Apéndice 6 en este Informe Anual

Referencia 2 = Apéndice 5 en este Informe Anual

Contribución a la comprensión del potencial mineral de los Andes ecuatorianos meridionales

BORRADOR DEL INFORME FINAL

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo representa un aporte especializado al presente Proyecto bilateral Cordillera Real, que comenzó en 1986 y terminará en 1990. El proyecto ha hecho un considerable progreso en la comprensión del marco geológico regional por lo que se consideró que las varias ocurrencias minerales encontradas en el área del Proyecto requieren un estudio más detallado.

El Líder del Proyecto (UK), Dr. Litherland, solicitó que este estudio se concentre en la parte meridional del área del Proyecto y en el modo de ocurrencia y génesis de la mineralización primaria, particularmente en los siguientes 3 "cinturones" minerales (como se los definió en el Informe Anual del Proyecto 1987-1988):

(a) Cinturón de oro Subandino
Está geográficamente asociado con un complejo volcano-plutónico en la parte SE del área del Proyecto, se conocía que incluye los importantes depósitos primarios relacionados a skarn de tipo Nambija.

(b) Cinturón de oro Collay-Shincata
La zona está geográficamente confinada a la parte occidental de la Cordillera Real, en esencia entre la principal divisoria de aguas Andina y el 'frente Baños'. Dentro de esta área se encuentran algunas de las antiguas, famosas áreas mineras aluviales. No se conoce fuentes primarias.

(c) Cinturón de 'estaño-tungsteno' Tres Lagunas
Es definido como el resultado del reconocimiento de un conjunto de granitos 'tipo-S' asociados con una zona de muy fuerte deformación, el frente Baños. Los geólogos del Proyecto interpretan que tanto los granitos como la deformación son el producto de la colisión tectónica.

2. TRABAJO REALIZADO

(a) En Ecuador

(1) Evaluar el material archivado disponible en Quito.

(2) Visitar áreas representativas y localidades mineralizadas en los tres cinturones, para establecer en campo el estilo de las ocurrencias minerales conocidas e intentar localizar otras, en particular ocurrencias primarias.

(3) Recolectar muestras representativas para ensayos, análisis e investigación de laboratorio con el fin de obtener una comprensión más detallada del estilo y modo de ocurrencia de la mineralización encontrada.

Se entrega un esquema del trabajo realizado en Ecuador en el informe de visita:
BGS No: WC/88/29/R (Clarke, 1988) (Apéndice 3 en este Informe Anual).

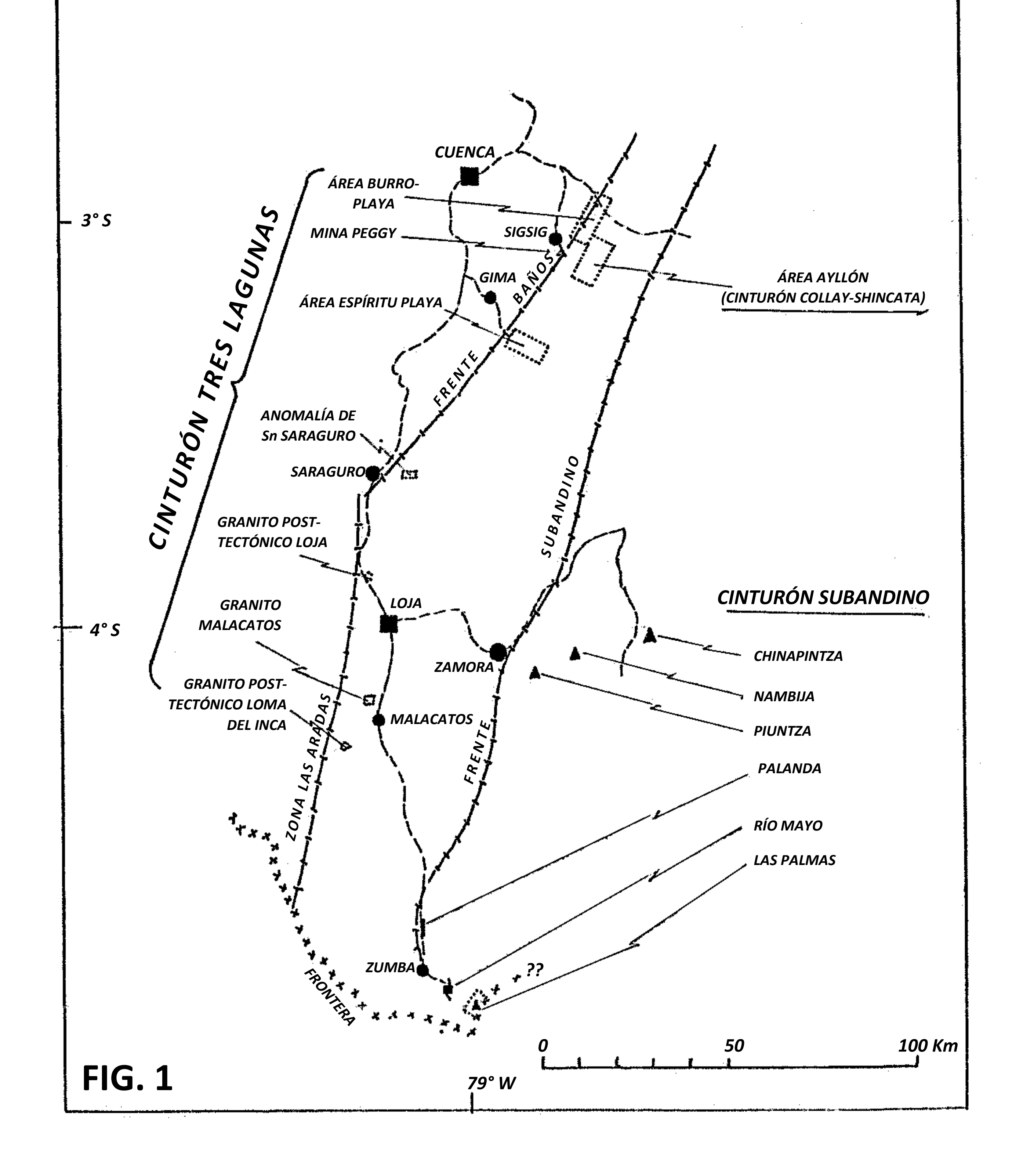
(b) En UK

El trabajo realizado incluye la preparación y estudio de 61 muestras bateadas de minerales pesados para la presencia de oro, casiterita y scheelita, ensayo de 120 muestras de rocas para oro y plata, análisis de 35 muestras para un conjunto de metales base incluyendo estaño y tungsteno, y un análisis completo de elementos mayores y traza de 19 granitos y rocas relacionadas. Adicionalmente se realizó estudios mineralógicos de 19 muestras de mena usando el microscopio de luz reflejada y microsonda electrónica, y de 9 granitos y 9 muestras alteradas usando el microscopio de luz transmitida.

El trabajo en las muestras bateadas y de luz reflejada/microsonda fue realizado por el Dr. B. Beddoe-Stephens y su reporte es anexado y referido aquí (Ref. 1: Ver Apéndice 6 en este Informe Anual). El estudio petrográfico (sección delgada) fue trabajo del Dr. J. Dangerfield, cuyo reporte también se anexado y referido aquí (Ref. 2: Ver Apéndice 5 en este Informe Anual). Una evaluación detallada de una muestra con mena de plata-metales base fue realizada por el Dr. N. J. Fortey (Ref. 3).

El análisis de metales preciosos, metales base, elementos mayores y menores de la roca fue realizado por contrato con Messrs. Caleb Brett Ltd. en muestras seleccionadas por M. C. G. C.

La interpretación general de los resultados y preparación de este reporte fue llevado a efecto por M. C. G. C – las consultas y comentarios son bienvenidos en esta etapa anterior a la finalización de este informe.


UBICACIÓN DE LAS ÁREAS INVESTIGADAS EN RELACIÓN A LOS RASGOS TECTÓNICOS MAYORES
CUENCA
ÁREA BURRO-PLAYA
MINA PEGGY
SIGSIG
GIMA
ÁREA ESPÍRITU PLAYA
ÁREA AYLLÓN (CINTURÓN COLLAY-SHINCATA)
3° S
CINTURÓN TRES LAGUNAS
FRENTE BAÑOS
ANOMALÍA DE Sn SARAGURO
SARAGURO
SUBANDINO
GRANITO POST-TECTÓNICO LOJA
LOJA
GRANITO MALACATOS
4° S
CINTURÓN SUBANDINO
ZAMORA
CHINAPINTZA
NAMBIJA
PIUNTZA
GRANITO POST-TECTÓNICO LOMA DEL INCA
MALACATOS
ZONA LAS ARADAS
FRENTE
PALANDA
RÍO MAYO
LAS PALMAS
ZUMBA
??
FRONTERA
0
50
100 Km
79° W
FIG. 1

3. RESUMEN DE IMPORTANTES OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

3.1 Cinturón de oro Subandino

(a) Adicionalmente al depósito rico en oro de estilo tipo-skarn ejemplificado en Nambija, se ha establecido un segundo grupo relacionado stocks muy evolucionados de alto nivel de típicos pórfidos de cuarzo y feldespato.

(b) Este estilo fue reconocido en Piuntza, asociado tanto con piroclásticos extrusivos como intrusivos, y en Chinapintza donde el cuerpo de pórfido y diques satélites intruyen y alteran fuertemente a la granodiorita regional. Ninguno de estos casos había sido documentado con anterioridad.

(c) Se encontró oro en roca primaria en ambas áreas, particularmente en Chinapintza donde está acompañado de metales base y plata.

(d) El prospecto Los Planes probablemente es de un tipo relacionado y las diferencias superficiales entre estos tres son el resultado de los diferentes niveles de exposición de cada uno; siendo el más bajo, i.e. el más disectado, el de Chinapintza, y el más alto el de Los Planes.

Se concluye que las intrusiones de etapa tardía, de alto nivel, geoquímicamente evolucionadas del cinturón Subandino tienen un potencial aurífero muy elevado, una de las primeras indicaciones es la presencia de diques o stocks (en afloramiento) o equivalentes rodados, de pórfido cuarzo-feldespático – preferiblemente mostrando alteración argílica o de otro tipo.

Otra indicación es la presencia de granodiorita propilitizada, especialmente cuando esta alteración se encuentra en los bordes de fracturas mineralizadas con sulfuros.

2. Cinturón de oro Collay-Shincata

(a) Muestras de vetas de una galería abandonada en el área de Ayllón contienen valores de oro extremadamente altos, junto con sulfuros de plata y metales base, incluyendo antimonio.

(b) Oro libre fue observado en un rodado de veta de cuarzo, asociada con arsenopirita y cortando una roca diorítica.

(c) Los drenajes en el área de Ayllón frecuentemente contienen granos de scheelita y oro, pero no casiterita.

(d) A juzgar por los escombros apilados, operaciones muy amplias de minería aluvial fueron realizadas anteriormente.

Se concluye que el área de Ayllón tiene un alto potencial de oro de roca-dura que podría, inicialmente, ser fundamentado con un mapeo de afloramientos y drenajes (rodados). En la geoquímica de sedimentos fluviales, el antimonio debería ser considerado como un elemento guía (*pathfinder*).

La presencia de sulfuros de cobre, plomo, zinc y antimonio indica que el área también tendría un potencial de minerales polimetálicos.

3.1 Conjunto del Granito Tres Lagunas

(a) Este conjunto tiene ejemplares tanto sintectónicos como post-tectónicos.

(b) La mineralogía es aquella de granitos tipo-'S'.

(c) La geoquímica indica que el conjunto es algo intermedio entre tipos-'S' y tipos-'I'.

(d) El contenido generalmente bajo de estaño y tungsteno y la carencia de casiterita en las muestras bateadas de los drenajes que cortan a los afloramientos, indican que el conjunto tiene un potencial económico bajo.

(e) La geoquímica indica que los ejemplares analizados no tienen alguna particularidad, o están pobremente enriquecidos en elementos traza incompatibles, e.g. Rb, Y, en comparación con los granitos de estaño estándares.

Se concluye que el Granito Tres Lagunas no es un granito normal tipo 'I' de cordillera, pero tampoco hay evidencia que exista un alto potencial regional para una provincia de estaño. Se considera que tiene un componente cortical mayor a lo normal respecto a otros granitos de cordillera. Esto indica la posibilidad de que el conjunto está relacionado a una colisión.

4. Área Mina Peggy

Esta mina abandonada está listada como un ejemplo de depósito del 'Cinturón Polimetálico' e inicialmente no fue una de las áreas objetivo para la investigación aquí descrita. Sin embargo, fue examinada con propósitos comparativos y se obtuvo algunas características importantes:

(a) Los metales base, particularmente sulfuros de cobre, plomo y zinc fueron el principal objetivo de la anterior mina; estos se encontraban en vetas, stockworks y brechas dentro del típicamente muy deformado Granito Tres Lagunas.

(b) Se identificó wolframita y estannita durante este estudio, pero junto con los sulfuros y la frecuente turmalina, son posteriores al granito deformado.

(c) En algunas muestras los valores de plata, estaño y tungsteno son altos.

(d) Algunos stocks y diques porfídicos de cuarzo-feldespato también son posteriores al Granito Tres Lagunas y la deformación del frente Baños, además, contienen turmalina en vetas tardías y pirita (en una muestra) más oro, como una etapa tardía.

Se concluye que la mineralización polimetálica (incluyendo Sn y W) probablemente está más relacionada a la intrusión de pórfidos de cuarzo, post-tectónicos, de alto nivel y no a la intrusión o deformación del Granito Tres Lagunas.

Esta es una posibilidad de que exista una mineralización de plata-estaño-tungsteno económica, quizá de tipo-boliviana. Se recomienda un estudio detallado del área, particularmente de los intrusivos post-tectónicos más evolucionados, con el fin de comprobar esa posibilidad.

4. TABLA 1. Datos de concentrados de batea

Área	Muestra #	Peso (gramos)	%Mag (1)	%Pesados (2)	Casiterita (3)	Scheelita (4)	Oro (5)
Área de Burro Playa, etc.	1	58.1	1.4	84.2			Pocos granos grandes
	2	56.3	62.4	33.9		3	
	3A	20.7	42.2	47.5		1	
	3B	23.7	28.0	43.1		?1	
	4	6.1		19.3			
	5A	40.6	<0.2	23.4			
	5B	4.3		20.9		1	
	5C	32.8	<0.2	33.2			
	5D	62.5		21.2			
	6A	22.4	26.6	45.0		1	
	6B	43.0	22.8	41.9			
	7	35.5	<0.3	15.5			Varios granos
	8	23.9	21.8	52.1		2	1 grano
	9A	18.4	10.6	51.8			Pocos granos
	9B	50.5	0.4	51.8			
	10A	18.6	<0.5	45.6			
	10B	33.2	0.3	35.9			
	11	56.4	0.4	30.7			
	12A	77.0	1.7	37.2		?1	
	12B	21.1	<0.5	13.9			
Peggy	13	69.7	46.2	46.1	Pocos granos	30	Varios granos
Área Ayllón	14	19.8	13.7	41.1		40	Muchos granos diminutos
	15	34.3	0.9	30.9		10	Muchos granos
	16A	33.6	4.0	36.4		30	Varios granos diminutos
	16B	10.3	<1.0	7.0			
	17	26.4	<0.5	20.5		30	3 granos pequeños
	18	43.1	<0.2	42.3		>100	1 grano pequeño
	19	37.8	10.4	46.4		20	1 grano pequeño
	20	10.7	30.5	30.5		6	
	21	7.7		33.3		5	
Peggy	22	37.5	1.6	48.8	Común		
Los Planes	23	136.5	59.8	34.0		15	1 grano pequeño
	24	261.8	69.5	29.7			4 granos pequeños
	25	156.3	78.0	20.1			1 grano pequeño
	26	42.4	67.3	30.3			
	27	130.2	80.4	14.0			
	28	238.6	68.5	29.4			3 granos pequeños
	29	55.6	86.6	10.8			
Malacatos	30	39.4	0.8	35.2		5	
	31	31.1	<0.3	21.3		?1	
	32	43.3	1.0	10.2		?1	
	33	37.6		26.0			
Piuntza	34	33.2	12.3	11.7			Varios granos pequeños
	35	35.9	18.2	43.3			4 granos pequeños
Loja	36A	9.4	19.6	47.8			
	36B	45.9		7.3			
Saraguro	37A	36.4	32.4	52.3			
	37B	114.7	39.2	54.9			
	38	193.6	36.8	49.6			
	39	133.2	24.0	18.3			
	40	118.8	24.8	22.6	Común	50	
Espíritu Playa	41	40.1	6.9	12.9			
	42A	26.1	35.3	18.2			
	42B	189.2	64.8	15.2			
	43	131.6	37.7	19.3			
	44	159.4	61.9	6.5			
	45	73.3	62.3	5.6			
	46	109.1	14.1	17.1			
Los Planes	47	2.5					Muchos granos diminutos
Pilares (Río Collay)	48	1.1					Varios granos pequeños
R. Collay (Cabeceras)	49	9.5				2	2 granos

(1) Porcentaje de magnetita; (2) Porcentaje de concentrado con densidad mayor a 2.9; (3) Resultados del 'estañado' de la fracción no-magnética; (4) Número aproximado de granos vistos en luz UV de onda corta; (5) Evaluación cualitativa del número de granos de oro.

5. DETALLES POR ÁREAS DEL TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

Las áreas investigadas que se indican en la Fig. 1 se enlistan aquí:

5.1	Mina Peggy
5.2	Área de Burro Playa, Principal y Río San Francisco
5.3	Área de Ayllón
5.4	Minas de Nambija
5.5	Prospectos de oro primario Piuntza y Chinapintza
5.6	Áreas de Palanda y Río Mayo
5.7	Prospecto Los Planes (Sachacuri) y travesía adyacente
5.8	Granitos Loma del Inca, Loja y Malacatos
5.9	Áreas de Espíritu Santo y Saraguro

A continuación, se presenta los datos de áreas individuales bajo los siguientes títulos:

Esquema de la geología
Datos analíticos de metales preciosos y base
Datos de muestras bateadas
Investigaciones mineralógicas
Conclusiones generales

Después de las notas para cada área se presenta una tabla con los datos de los ensayos y otra con su descripción y ubicación.

5.1 Mina Peggy

5.1.1 Esquema de la geología

Vetas y stockworks de sulfuros de metales base han sido minados anteriormente en ambos lados del río. Se ubican dentro de una zona de granito biotítico gnéisico megacristalino fuertemente deformado, esquisto cuarzo-sericítico y milonitas, que son la expresión de la propuesta zona de colisión frente Baños de Litherland y Aspden.

Las estructuras mineralizadas cortan transversalmente o remplazan las fábricas del frente Baños al igual que un grupo de stocks y diques porfídicos cuarzo-feldespáticos que está mejor expuesto en la vecindad del banco oriental de un pequeño tributario – Quebrada Reote.

5.1.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 2a, b)

Los valores de metales base reflejan los sulfuros observados, siendo el zinc el más prominente. Hasta 222 g/t (7 oz) de plata fue registrada, así como un valor importante de estaño (hasta 0.75% en MC-2) y tungsteno (hasta 0.6% en MC-7A, B). Sólo en una muestra se obtuvo oro con un valor mayor a 1 ppm, y es la zona marginal de una de las intrusiones porfídicas.

La proporción plata a oro es mayor a 100:1.

5.1.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Sólo dos muestras relacionadas a esta área, P22 de la Quebrada Reote, contiene casiterita 'común', la otra P13 del drenaje principal contiene unos pocos granos. Las muestras aguas arriba no tienen casiterita visible. La muestra P13 contiene oro y en las cercanías existen operaciones de lavado artesanal de oro; también hay scheelita. En el área de Ayllón tanto el oro como la scheelita son comunes en la parte superior de este drenaje (ver sección 3).

5.1.4 Investigaciones mineralógicas (ver Apéndice 6 en este Informe Anual)

Dos muestras de mena, que se considera vienen de la mina principal (MC-7A y D) confirman la presencia de un amplio conjunto de metales base, incluyendo wolframita. La turmalina y el cuarzo son los principales minerales ganga, también hay carbonato de etapas tardías. Los sulfuros incluyen arsenopirita, calcopirita, pirita-marcasita, pirrotina y bismutinita tardía. La wolframita es anterior a los sulfuros, pero la turmalina podría ser más tardía que ambas.

La muestra MC-9 tiene una abundancia similar de turmalina, pero no contiene sulfuros. La MC-7A, de la galería No. 2, abarca muchos sulfuros, principalmente galena, esfalerita e intercrecimientos de pirita-marcasita. Se observó estannita (Cu_2FeSnS_4) en esta muestra, pero MC-22A del pórfido Reote tiene turmalina fina en una matriz cuarzo-sericítica y en delgadas vetillas tardías de cuarzo. También se identificó turmalina en una sección delgada del pórfido Reote (MC-6A) (ver Apéndice 5 en este Informe Anual).

5.1.5 Conclusiones generales

La mena rica en sulfuros de la mina principal, las vetas y stockworks de la galería No. 2 y las intrusiones porfídicas, son todas posteriores a los semiesquistos (milonitas) y granitos fuertemente deformados del área. La turmalina es muy común, también es posterior al pórfido y, junto con el estaño y tungsteno y la deposición de sulfuros, se cree que representan un evento más joven que el emplazamiento o la deformación de los granitos. El episodio de mineralización polimetálica está probablemente asociado con la intrusión de cuerpos porfídicos, i.e. no se considera posible que la mineralización de estaño y tungsteno sea un evento separado temprano asociado con el granito. Los altos valores locales (MC-2) de estaño, tungsteno y plata recuerdan a otras asociaciones subvolcánicas y conjuntos de mena similares en otras partes de la Cordillera Andina, e.g. Antamina en Perú, y, especialmente, en la Cordillera de Bolivia.

Tabla 2a

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu%	Pb%	Zn%	Cd%	Sb%	Bi%	As (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)
MC-1	0	0	0.03	0	0.01	0	0	0			
MC-2	0.19	222	0.7	0.21	31.1	0.265	0	0	52	36	7684
MC-3	0	2									
MC-4	0	0									
MC-5	0	2									
MC-6A	0	1									
MC-6B	0	2									
MC-7A	0.66	119	6.38	0.03	0.18	0.001	0.02	0.58	57129	5846	606
MC-7B	0.3	182	0.52	0.47	29.7	0.186	0.02	0.01	57495	5979	580
MC-7C	0.1	79	0.03	1.06	1.54	0.008	0	0	574	32	236
MC-7D	0.09	9	0.4	0.01	0.07	0	0	0.02	30271	447	216
MC-7E											
MC-9	0.03	4								30	446
MC-22A	0.02	2									
MC-22B	2	31									
MC-22C	0	4									
MC-23	0	0									
MC-24	0.02	0									

Tabla 2b

MC-1	200 m al norte de la galería más septentrional (galería No. 1). Vetillas de cuarzo pirita cortando al esquisto. Manchas menores de malaquita.
MC-2	Lado norte del portal de la galería No. 2. Veta (5-6 cm) de esfalerita café oscura que parece haber cortado transversalmente y remplazado a la esquistosidad de las rocas hospedantes.
MC-3	Pared posterior de la galería No. 2. Milonita o esquisto clorítico-sericítico.
MC-4	Misma ubicación. Muestra similar.
MC-5	500 m al norte de la Mina Peggy, zona de contacto de un joven pórfido cuarzo-feldespático cortando a los esquistos. La muestra del pórfido tiene vetas en red con epidota.
MC-6A	100 m al sur de MC-5. Muestra similar.
MC-6B	Misma ubicación. Esquisto o milonita en contacto con el pórfido.
MC-7A	Bloques de un puente viejo que sirve de soporte en la mina. Calcopirita, galena, pirita, etc. – probablemente la típica mena de la mina principal.
MC-7B	Material de escombrera, quizás de la galería No. 2. Galena, esfalerita y otros sulfuros menores.
MC-7C	Misma ubicación. Sulfuros de Pb, Zn, etc. en vetillas que cortan al granito foliado.
MC-7D	Escombrera de la Mina Peggy. Ensamble complejo de sulfuros y turmalina como alteración del granito foliado.
MC-7E	Norte de la mina. Rodado de roca con cuarzo-pirita.
MC-9	100 m al este de las principales escombreras. Rodado de un derrumbe de rocas con cuarzo-turmalina negra y radial, remplazando al granito foliado Tres Lagunas.
MC-22A	Inmediatamente al sur de Quebrada Reote. Pórfido cuarzo-feldespático brechado con áreas silicificadas y con sulfuros.
MC-22B	Misma ubicación. Muestra similar.
MC-22C	Misma ubicación. Dique porfídico menos alterado.
MC-23	Camino 0.75 km al sureste de la Mina Peggy. Roca oxidada con cuarzo-clorita-epidota.
MC-24	

5.2 Área de Burro Playa, Principal y Río San Francisco

5.2.1 Esquema de la geología

Esta área traspasa la extensión del rumbo nor-noroeste del frente Baños, como se presenta en la Mina Peggy, e incluye algunos afluentes al este, que drenan el flanco occidental de la Cordillera Real. Las rocas son principalmente una unidad pelítica con dos deformaciones, la segunda produce una prominente lineación subhorizontal con rumbo Andino. Esto repliega de forma apretada a isoclinal los sedimentos plegados de origen de pendiente continental. También están presentes intrusiones y cuellos volcánicos más jóvenes. Se observó muy poca mineralización con la excepción de aluviales auríferos encontrados por la minería artesanal de oro.

5.2.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 3a, b)

En general, todos los valores obtenidos son muy bajos, lo que refleja la observada carencia de mineralización. De 17 muestras ensayadas para oro y plata, sólo MC-30 entregó un valor más alto que la traza – ésta es un rodado de pirita masiva de una concentración aluvial en el Río San Francisco. Los valores de estaño y tungsteno obtenidos pueden ser considerados como dentro del background y junto con la carencia de casiterita reportada en las muestras bateadas, indican que, de acuerdo con los datos disponibles, los granitos del 'frente Baños' tienen poco potencial de estaño.

5.2.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

No se reportó casiterita de alguna de las veinte muestras recolectadas. Se registró oro en cuatro muestras, las que son de áreas conocidas para los mineros artesanales de aluviales. Fueron registrados granos aislados ocasionales de scheelita, pero mucho menos que en la adyacente área de Ayllón.

5.2.4 Investigaciones mineralógicas

La observada carencia de mineralización produjo que ninguna muestra sea enviada para la investigación con secciones pulidas. Tres muestras fueron enviadas para determinaciones petrográficas de los minerales de alteración presentes. Todas son de origen volcánico – MC-18 ahora está alterada a epidota y cuarzo, MC-19B a clorita y carbonato y de la MC-19C se reportó yeso, pirita, hematita y calcedonia, lo que indica una modificación por actividad fumarólica, de un piroclástico, posiblemente origen dacítico (ver Apéndice 5 de este Informe Anual).

5.2.5 Conclusiones generales

Se encontró poca evidencia de mineralización. Los granitos no parecen ser un prospecto para estaño y tungsteno, tampoco se observó indicadores de sulfuros económicos. El oro se presenta en depósitos aluviales de los drenajes, junto con numerosos bloques rodados de volcánicos jóvenes alterados. Un gran cuello volcánico fue visto al este del Río Burro Playa y valdría la pena un muestreo y estudio detallado, con oro/plata como objetivos.

Tabla 3a

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu%	Pb%	Zn%	Cd%	Sb%	Bi%	As (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)
MC-10A											
MC-10B	0	0									
MC-10C	0.04	0									
MC-11	(Análisis completo)									2	9
MC-12	0	0									
MC-13	(Muestra estructural)									0	8
MC-14	(Análisis completo)										
MC-15A	0	0									
MC-15B	(Análisis completo)									0	6
MC-15C	0	0									
MC-15D	0.01	0									
MC-16	0	0	0	0.01	0.02	0	0	0	103	14	15
MC-17	0	0	0	0	0	0	0	0	78	10	9
MC-18	0	0									
MC-19A	(Muestra estructural)										
MC-19B	0.01	0									
MC-19C	0	0	0.01	0	0	0	0	0	53	6	16
MC-20	(Muestra estructural)										
MC-21	0.01	0									
MC-29A	0	0									
MC-29B	0	0									
MC-29C	0	0									
MC-29D	0	0									
MC-30	1.01	2	0.11	0.01	0	0	0	0	25	10	4

Tabla 3b

Área de Burro Playa	
MC-10A	Confluencia de los Ríos Burro Playa y Chorro Blanco. Rodado de semiesquisto con cuarzo-sericita-clorita.
MC-10B	Misma ubicación. Volcánico con clorita-sericita en oquedades (*vugs*).
MC-10C	Misma ubicación. Ácido volcánico altamente pirítico.
MC-11	Elevación entre los Ríos Huigra y Tres Lagunas. Granito Tres Lagunas rico en moscovita.
MC-12	2 km al noreste, esquisto cuarzo-sericítico cortado por vetas (3 mm) de cuarzo-pirita.
MC-13	300 m al norte de MC-12. Pliegues F2 en la unidad semipelita.
MC-14	100 m aguas arriba en el Río Minas desde la confluencia con el Río Burro Playa. Granito (en forma de rodillo (*rodded*)) Tres Lagunas con cuarzo azul.
MC-15A	50 m aguas arriba en el Río Tres Lagunas desde la confluencia con el Río Chorro Blanco. Roca de dique o volcánico ácido no tectonizado.
MC-15B	Rodado de la misma ubicación. Granito Tres Lagunas relativamente fresco y no tectonizado.
MC-15C	Misma ubicación. Roca volcánica afírica, bandeada por el flujo.
MC-15D	En la confluencia. Esquisto milonítico finamente foliado con cuarzo-sericita.
MC-16	En el Río Burro Playa 200 m abajo de la confluencia con el Río Minas. 3 cm de zona silicificada con pirita menor, cortando al Granito Tres Lagunas.
MC-17	Misma ubicación. Granito Tres Lagunas triturado, con pirita menor.
MC-18	Ubicación de MC-10. Rodado de roca con epidota-cuarzo.
MC-19A	En el Río Burro Playa 1.5 km arriba del Río Minas. Granito Tres Lagunas con feldespato megacristalino.
MC-19B	Misma ubicación. Rodado de volcánico melanocrático (Susceptibilidad magnética = 10)
MC-19C	Misma ubicación. Rodado volcánico altamente sulfuroso con xenolitos de cuarzo.
MC-20	Misma ubicación que MC-14. Granito Tres Lagunas fuertemente foliado con megacristales de feldespato clivado.
MC-21	7 km al este de Dacte en Río Blanco. Facies de Metacuarcita compacta de la unidad semipelítica.
Río San Francisco (cerca de la vía Gualaceo-Limón)	
MC-29A-D	Bloques rodados de rocas con epidota-cuarzo-clorita, en un área de minería de oro aluvial.
MC-30	Misma ubicación. Masa pirítica esponjosa. (Susceptibilidad magnética = 50)

5.3 Área de Ayllón

5.3.1 Esquema de la geología

Esta área abarca los flancos occidentales de la Cordillera Real al este de la Mina Peggy; y es drenada por el Río Santa Bárbara y sus tributarios. Las rocas expuestas pertenecen a la unidad semipelita descrita anteriormente del área de Burro Playa al norte; pero representan una extensión más oriental. La estructura dominante es de nuevo un plegamiento abierto de ejes subhorizontales con un rumbo Andino. A veces puede ser vista una fase temprana de plegamiento apretado, e.g. MC-27A (= muestra FV-CR-618).

Frecuentemente las pelitas contienen lentes y *pods* de cuarzo blanco en los cuales la clorita contiene relictos de pelita alterada. No se observó alguna exposición de mineralización, pero varias muestras de rodados mineralizados fueron recolectadas en la vecindad de unas grandes minas aluviales antiguas y nuevas cerca de la confluencia de los Ríos Ayllón y Santa Bárbara. Las minas antiguas y más grandes tienen un cuantioso volumen de bloques cuidadosamente apilados formando paredes de retención – un nivel de sofisticación no visto en otras partes. En el banco oriental del Río Santa Bárbara, aproximadamente 0.5 km aguas abajo de su confluencia con el Río Ayllón, existe una antigua galería cuyo portal está ahora colapsado, pero más allá de este se observa un encofrado podrido. El lado sur del corte de 30 m que conduce desde el río a la galería colapsada está alineado con bloques (± 50 toneladas) de *veinstone* cubiertos con musgo y líquenes. Las superficies frescas revelan algunos sulfuros en la ganga de cuarzo color crema pálido. Se presume que esta operación tenía el objetivo de traer un molino, cuyas partes se observaron en el camino de acceso. No se tiene registro de este prospecto en la literatura, debe tener al menos 10 años de antigüedad.

Se recolectó rodados de schlieren de calcopirita en pelita, *veinstone* de pirita/cuarzo, 0.75 km aguas arriba una *veinstone* de cuarzo-arsenopirita en contacto con una roca volcánica andesítica alterada. La última muestra MC-27A tiene oro visible en el cuarzo. El área visitada se encuentra aguas abajo de la Laguna Ayllón, sería una buena base para explorar los lugares circundantes. Sin embargo, esta área es el clásico páramo con lluvia frecuente y numerosas turberas. Anteriormente se realizó un intento para ingresar desde Dacte, al norte de la Mina Peggy, pero fracasó debido a que las mulas no pudieron cruzar el terreno pantanoso.

5.3.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 4a, b)

Las 8 muestras ensayadas contenían oro, en cada caso también existían sulfuros visibles. Tres muestras de *veinstone* de una antigua galería (MC-25A, B y C) tenía un promedio de 300 g/t de oro y 130 g/t de plata (9 y 4 onzas respectivamente) y, una cantidad apreciable de plomo y zinc. Un valor importante de antimonio también fue registrado (hasta 0.49%). Dos muestras de pelita con schlieren de calcopirita entregaron 1.59 y 0.68 g/t y un rodado con marcasita-pirita en la ganga de cuarzo 2.19 g/t. La veta de cuarzo-arsenopirita dio valores de 5.21g/t y 2.3% As.

5.3.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Nueve muestras bateadas fueron recolectadas, en la mayoría había oro visible. El estudio de los minerales pesados mostró, adicionalmente, que todas las muestras (excepto una) tenían un número considerable de granos de scheelita. De las varias áreas de donde se recolectó las muestras bateadas, ésta (Ayllón) tiene la mayor cantidad de scheelita y oro.

5.3.4 Investigaciones mineralógicas (ver Apéndice 6 de este Informe Anual)

Dos muestras de mena fueron enviadas para estudios de sección pulida, en ambas se identificó oro nativo. MC-25 es un ejemplo de la mena apilada en la entrada de la antigua galería; la pirita y arsenopirita son comunes en la ganga de cuarzo, la galena y esfalerita (la última con inclusiones de calcopirita) son fases tempranas, la boulangerita ($Pb_5Sb_4S_{11}$) y el oro son fases tardías. La bournonita ($PbSbCuS_3$) relacionada se encuentra como vetillas de etapa tardía. Aquí la relación entre el oro y el antimonio sería útil como un indicador geoquímico.

La muestra 27A es del rodado con cuarzo-arsenopirita-oro. Un estudio detallado indica que la arsenopirita está acompañada por galena menor y que el oro es posterior a ambas. El análisis de microsonda reveló que el oro en cada muestra contiene aproximadamente 35% de plata, i.e. la proporción oro a plata es de 2:1 (esta también es la proporción del total de la mena de las muestras 25A, B y C, como se evidencio con los datos de ensayo).

Así como las muestras anteriores fueron analizadas usando secciones pulidas y microsonda, la muestra MC-27C fue examinada petrográficamente (ver Apéndice 5 de este Informe Anual). Tiene el carácter de una diorita hornbléndica alterada con considerables cantidades de cloritoide y epidota como productos de alteración de la hornblenda y, actinolita-zoisita-sericita después de plagioclasa. Se cree que esta muestra representa a la roca hospedante de la veta de arsenopirita-cuarzo-oro y la presencia de cloritoide se equipararía con alteración hidrotermal (ver Apéndice 5 de este Informe Anual).

5.3.5 Conclusiones generales

Los resultados de la muestra de mena indican que existe mineralización polimetálica de Cu, Pb, Zn, As, Ag, Au, probablemente asociada con intrusiones de composición intermedia. El gran número de granos de scheelita en las muestras bateadas quizá es producto de la dispersión de scheelita de origen de contacto metasomático.

Los valores elevados de oro de la mena apilada obviamente son de gran importancia y sería más interesante abrir la galería para examinar el entorno de esa mena.

La ubicación de los rodados de veta de cuarzo-oro aguas arriba, fomenta el interés en esta área, que históricamente es una de las áreas aluviales a menudo más mencionadas de los primeros registros españoles.

Tanto el análisis del oro nativo como el ensayo de las muestras de mena indican que las proporciones en esta área son muy diferentes a aquellas de la Mina Peggy, con plata y oro igual a 1:2. Otra particularidad es el antimonio asociado.

Tabla 4a

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu%	Pb%	Zn%	Cd%	Sb%	Bi%	As (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)
MC-25A	46.5	24	0.06	0.49	0.68	0.004	0.18	0	9998	15	0
MC-25B	635	246	0.04	1.72	3.07	0.012	0.49	0	22030	5	0
MC-25C	427	128	0.02	0.99	1.52	0.006	0.32	0	9597	11	0
MC-25D											
MC-26A	2.19	0	0	0.01	0.02	0	0.01	0	191	3	6
MC-26B	1.59	1	0.06	0.02	0.04	0	0	0	39	16	13
MC-26C	0.68	1	0.12	0	0.02	0	0	0	23	17	12
MC-27A	5.21	1	0	0	0.02	0	0	0	23258	4	5
MC-27B	(Muestra estructural)										
MC-27C	(Análisis completo)										
MC-28	0.39	14	0.36	0	0.02	0	0	0	88	17	24

Tabla 4b

MC-24	Confluencia del Río Cueva de Gallo con el Río Ayllón. Rodado de metavolcánico fresco con sulfuros menores.
MC-25A	Mena apilada en la entrada de la galería colapsada en el banco oriental del Río Ayllón, 0.5 km aguas abajo de la confluencia con el Río Santa Bárbara. Veta de cuarzo con sulfuros de Pb, Zn, Fe y Cu e inclusiones de pelita fuertemente alterada, cloritizada.
MC-25B	
MC-25C	
MC-25D	
MC-26A	30 m aguas arriba de MC-25. Rodado de *veinstone* de cuarzo blanco brechada con cuarzo y pirita.
MC-26B	50 m aguas abajo de MC-25. Rodado de pelita silicificada con schlieren y vetillas de 1 mm de ancho de sulfuros, incluyendo calcopirita.
MC-26C	Misma ubicación. Muestra similar.
MC-27A	400 m al norte del campamento Ayllón. Rodado de *veinstone* de cuarzo blanco-perlado en contacto con volcánico andesítico, alterado. La *veinstone* está bandeada y es paralela al contacto, contiene arsenopirita y algo de oro visible.
MC-27B	Misma ubicación. Gran bloque de pelita con superficies So, S1 y S2.
MC-27C	Misma ubicación. Rodado de volcánico andesítico razonablemente fresco, considerado como el equivalente a aquel en el contacto con la veta de cuarzo con oro (27A).
MC-28	

5.4 Minas de Nambija

5.4.1 Esquema de la geología

Nambija y los campos mineros asociados de Campana, Campanilla y Guaysimi, conforman el "desarrollo" minero más espectacular en el Ecuador. Docenas o cientos de pequeños grupos (Sociedades), sumando miles de personas, trabajan una mena en extremo difícil usualmente con métodos muy primitivos. Con frecuencia esto involucra voladuras no controladas, desarrollo de grandes escalones a cielo abierto, una casi carencia del transporte mecanizado de la mena (95% de la mena es transportada en sacos por los cargadores), la molienda con molinos de pisón y ocasionalmente con molinos chilenos, y la separación usando mercurio. Gran parte de este oro es recolectado en mantas o en cajas de esclusa topográficamente debajo de las principales minas de roca dura.

Sólo se visitó Nambija, en 3 días se ingresó a más de 10 minas diferentes y se recolectó un gran número de muestras, algunas con oro visible usualmente asociado con fracturas con un relleno tardío de cuarzo. La rica mena de Arco (norte) y Playón (sur) se aloja en un skarn gris-verde que frecuentemente tiene una foliación o estratificación relicta. Sin embargo, en la parte superior del sector meridional de Nambija (Mapasingue) una roca volcánica alterada (probablemente en un principio de composición andesítica-dacítica) es cortada por vetas de cuarzo y zonas de cizalla que contienen sulfuros menores y algo de oro. En la parte central inferior existe una caliza gris recristalizada, pero su relación con el skarn y los volcánicos no fue observada en el campo.

El modelo preferido interpreta a las rocas estratificadas como volcanoclásticos calcáreos rodeando a un cuello (*plug*) microdiorítico y depositados en un ambiente de arco volcánico – arrecife periférico. Luego este complejo experimentó un gran fisuramiento N-S que permitió el ingreso de fluidos metasomáticos y mineralizantes de la cámara magmática calco-alcalina.

5.4.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 5a, b)

Veintidós muestras de material minado de varias partes del área fueron ensayadas para oro y plata. El oro fue detectado todas las muestras, la plata sólo en seis. La proporción total de oro a plata es mayor a 10:1. Los valores más altos usualmente eran de las rocas en donde existía oro visible, éstas fueron obtenidas de la parte inferior de Playón y parte central de Arco. Esta última área es la fuente de numerosos recolectores de muestras de oro libre que son vendidas individualmente en una forma de mercado.

5.4.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

No se recolectó muestras bateadas pues se creía que sólo representarían contaminación de las múltiples operaciones de minería y molienda.

5.4.4 Investigaciones mineralógicas (ver Apéndice 6 de este Informe Anual)

MC-64C está compuesta casi completamente por granate-grosularia con vetas intersticiales de cuarzo y calcita. Se identificó oro, también intersticial al granate. Existen escasos sulfuros diseminados.

MC-65B es similar, pero tiene un feldespato rosáceo adicionalmente al cuarzo y la calcita, ambos intersticiales y como vetillas posteriores al granate.

MC-64E es una toba andesítica rica en cristales, parcialmente convertida en un skarn rico en granate.

5.4.5 Conclusiones generales

La deposición de oro es acompañada por cuarzo y feldespato rosado ± calcita y generalmente es posterior al desarrollo del skarn. Las rocas hospedantes eran volcanoclásticos calcáreos y cuerpos subvolcánicos intermedios formando un ambiente de arco volcánico-arrecife periférico. Los ensayos de las muestras de mena y los análisis de granos de oro indican que esta ocurrencia es extremadamente pobre en plata, una característica no compartida por otras rocas de este estudio y sólo por unos pocos análisis parciales de oro bateado (ver Apéndice 6 en este Informe Anual).

Tabla 5a. Minas de Nambija

	Au (g/t)	Ag (g/t)
MC-60A	0.02	0
MC-60B	0.05	0
MC-60C	5.75	2
MC-61	0.03	0
MC-62A	27.4	0
MC-62B	0.12	0
MC-63A	0.05	0
MC-63B	0.08	0
MC-63C	0.62	0
MC-64	0.36	0
MC-64C	145	14
MC-64D	442	17
MC-64E	0.43	0
MC-65A	2.02	0
MC-65B	5.97	0
MC-66A	99.5	3
MC-66B	1.65	0
MC-66C	0.13	0
MC-67	0.11	2
MC-68	0.03	0
MC-69	0.16	0
MC-90	0.98	5

Tabla 5b. Minas de Nambija

MC-60A	Mapasingue Alto (canteras abandonadas en la cima de la montaña). Vetas de cuarzo con textura abierta y calcopirita menor.
MC-60B	Misma ubicación. Volcánico alterado y propilitizado.
MC-60C	Misma ubicación. Matriz calco-silicática (skarn) con calcita, cuarzo y calcopirita.
MC-61	Volcánico cortado por vetillas de clorita/pirita (Sociedad Velásquez).
MC-62A	Volcánico alojando vetillas de cuarzo/calcita (Sociedad Benites).
MC-62B	Skarn rico en epidota con cuarzo-calcita-calcopirita (Sociedad Benites).
MC-63A	Skarn volcanoclástico (+10 metros, otra galería).
MC-63B	Misma ubicación. Skarn volcanoclástico.
MC-63C	Misma ubicación. Skarn volcanoclástico.
MC-64	(Mina Playón principal) Sedimentos o volcanoclásticos estratificados, skarnificados. Epidota y granate prominentes; muchas fracturas. Oro visible en algunas muestras
MC-64C	
MC-64D	
MC-64E	
MC-65A	(Zona de Arco) Calcosilicatos con clorita, epidota.
MC-65B	(Zona de Arco) Feldespato rosado y a veces oro visible.
MC-66A	(Mina Golden West) Skarn cortado por vetas de cuarzo a veces conteniendo oro prominente.
MC-66B	
MC-66C	
MC-67	(Mapasingue Castillo) Volcánicos cortados por vetillas oxidadas.
MC-68	(Mapasingue Tocayos) Volcanoclástico? skarnificado con adularia.
MC-69	(Mina Campana) Brecha dura con matriz sulfurosa
MC-90	(Área de la Mina Campana) Roca densa bandeada con pirita/clorita.

5.5 Prospectos de oro primario Piuntza y Chinapintza

5.5.1 Esquema de la geología

Estos dos prospectos, al igual que Nambija y los cercanos skarns, se encuentran en el cinturón Subandino del Ecuador meridional, al este de la divisoria de aguas continental. El cinturón Subandino generalmente es interpretado como un complejo terreno volcano-sedimentario dominado por magmatismo calco-alcalino de tipo-arco. La roca más común es una granodiorita de proporciones batolíticas dentro de la cual son comunes los techos colgantes y las franjas (*rafts*) metasedimentarias, así también los cúmulos volcánicos comagmáticos de composición andesita-dacita.

Piuntza y Chinapintza se encuentran 13 km al oeste y 23 km al este de Nambija respectivamente y se tiene acceso vía Zamora. Ambos se ubican en áreas en donde por mucho tiempo se ha conocido la existencia de oro aluvial, pero no se ha visto alguna referencia a su geología, excepto por el reporte de una compañía que describe a Piuntza como compuesta por conglomerados.

Sin embargo, a diferencia de Nambija, la mineralización de estos dos prospectos no está asociada con la formación de skarns calcosilicáticos. Tanto en Piuntza como en Chinapintza la mayor asociación es con intrusiones porfídicas jóvenes cuarzo-feldespáticas. La mineralización observada se encuentra como vetas y brechas y, en general, es de naturaleza epitermal.

Los dos difieren en el nivel de erosión:

(1) En general Piuntza está cubierto por los restos de un cúmulo de lava y piroclastos de, a veces pumíceo, toba de lapilli y toba, en las que el cuerpo porfídico intruye. En la parte central más alta es probable que la brecha sea intrusiva, pero lateralmente, la estratificación y, de manera concluyente, la presencia de lapilli acrecional revela el carácter extrusivo. La brecha central es aurífera y, grandes trincheras y someras excavaciones indican que en el pasado existieron trabajos de minería en la superficie. Así como está presente en la brecha, el oro está asociado con una red de vetillas de cuarzo-sulfuros en la parte superior del cuerpo porfídico.

(2) Chinapintza, probablemente un prospecto más grande, en la travesía realizada no exhibe alguna fase extrusiva – la roca hospedante es una granodiorita de grano grueso considerablemente propilitizada y, conforme se acerca al área de minería es progresivamente cortada por vetas de cuarzo y diques porfídicos. Las menas primarias (evidenciadas por trabajos artesanales muy recientes de minería de roca dura) son brechas y vetas tanto exo- como endo-contacto relacionadas a un cuerpo cuarzo-porfídico sólo visto en las galerías.

En julio de 1988 sólo había unos pocos molinos de pisón en el lugar, pero parecía que en el área comenzaba una fiebre minera de grandes dimensiones. Colina arriba, no visitado, se reportó que las menas trabajadas eran stockworks de cuarzo, pero en el sitio visitado la mena rica parecía encontrarse en vetas oxidadas subparalelas a casi verticales. Algunas galerías han penetrado más allá de la zona oxidada y revelan que los sulfuros de plomo, zinc y cobre son prominentes, rellenando intersticios de una brecha dentro de un cuerpo porfídico.

5.5.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 6a, b)

Once de las doce muestras enviadas de Piuntza ensayaron cantidades traza o mayores de oro. MC-55 es un ejemplo de las vetas a pequeña escala que cortan la parte superior del pórfido, ésta ensayó un valor de 5.54 g/t. MC-56C, un ejemplo de la brecha intrusiva, en la que se bateó oro, entregó 7.32 g/t.

En Chinapintza trazas de oro, que alcanzan 0.11 g/t, fueron obtenidas de muestras de un dique porfídico expuesto en el camino de acceso. Una muestra (MC-77) de una veta friable muy oxidada demostró ser muy rica en oro con 363 g/t (11 oz) y con 197 g/t de plata. Una muestra similar (MC-79A) de 400 m hacia abajo entregó 11 g/t de oro y 250 g/t de plata.

Cuatro muestras (MC-78) de una brecha fresca, sulfurosa que rellena el cuerpo porfídico fue ensayada y entregó un promedio de 0.35 g/t de oro, 37 g/t de plata y 2.75% de zinc con valores menores de cobre y plomo. Con la excepción de MC-77 las muestras restantes (siete) tienen una proporción de plata a oro de 25-100:1.

5.5.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Se obtuvo dos muestras en Piuntza y ninguna en Chinapintza. P34 es un concentrado bateado de oro de una brecha aurífera y P35 es de las cabeceras del Río Piuntza. El porcentaje de plata en ambas es muy similar.

5.5.4 Investigaciones mineralógicas (ver Apéndice 6 en este Informe Anual)

Una muestra de Piuntza fue examinada en luz transmitida y reflejada (MC-56ª). El pórfido fírico de cuarzo-feldespato exhibe una leve alteración a mica blanca y minerales de arcilla y, es cortado por una veta (1 mm) de cuarzo que contiene menores cantidades de pirita y esfalerita. Para esta muestra también están disponibles datos analíticos completos de elementos mayores y traza, ésta es rica en potasio, probablemente como resultado de la metasomatización potásica en una etapa magmática tardía o posterior (Tabla 11).

Varias muestras de MC-78 fueron enviadas para una examinación detallada. La roca hospedante es una dacita fírica con feldespato que ha experimentado alteración argílica y silicificación. La esfalerita es el relleno intersticial más prominente y contiene inclusiones de galena argentífera, pirita, pirrotina y calcopirita.

Otras dos secciones de MC-78 fueron enviadas a un trabajador independiente (Referencia 3) solicitando una examinación detallada para minerales individuales de plata; una vez más se concluyó que la plata estaba contenida en la galena.

5.5.5 Conclusiones generales

La mineralización en Piuntza y Chinapintza es de estilo epitermal y se relaciona al emplazamiento de stocks porfídicos de alto nivel de composición dacítica.

En Piuntza el cúmulo volcánico, incluyendo a los piroclastos, domina los alrededores aun cuando el cuello (*plug*) porfídico está siendo destechado. En Chinapintza las relaciones respecto a la mineralización principal entre la roca hospedante, la roca hospedante alterada y los diques porfídicos, se exhiben con claridad. El relieve es tal que se cree que es demostrable la zonación desde stockworks cuarzosos de alto nivel, hasta abajo con grandes vetas y brechas rellenas de sulfuros; también se considera que el área es la más adecuada para un estudio de caso.

El aparente gran tamaño, gran estado de disección y las indicaciones de un grado más alto, hacen de Chinapintza un buen prospecto económico, respecto al nivel actual de conocimiento. Por tal razón un gran número de mineros informales convergen hacia esa zona.

Tabla 6a

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu%	Pb%	Zn%	Cd%	Sb%	Bi%	As (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)
Área del prospecto Chinapintza											
MC-70											
MC-71	0.01	0									
MC-73A	0.01	0									
MC-73B	0.01	0									
MC-74	0.02	0									
MC-75	0.02	2									
MC-76	0.11	12									
MC-77	363	197									
MC-78A	0.48	79	0.04	0.09	3.49	0.028	0	0	342	13	8
MC-78B	0.54	32	0.04	0.11	5.27	0.041	0	0	196	0	11
MC-78C	0.06	2	0	0.02	0.52	0.004	0	0	60	19	8
MC-78D	0.32	35	0.03	0.1	1.73	0.024	0	0	330	16	10
MC-79A	11	250									
MC-79B	0.04										
Prospecto Piuntza											
MC-54A	0.01	0									
MC-54B	0.19	9									
MC-54C	0.03	0									
MC-54D	0.07	2									
MC-55	5.54	3									
MC-56A	Análisis										
MC-56B	0.17	16									
MC-56C	7.32	38									
MC-56D	0.05	4									
MC-57A	0.05	0									
MC-57B	0.02	2									
MC-58	0.03	0									
MC-59	0	0									

Tabla 6b

Prospecto Chinapintza	
MC-70	Puente carretero (sitio de muestra para determinación de edad). Granodiorita hornbléndica con estrechas vetas sulfurosas que tienen alteración marginal.
MC-71	Granodiorita cizallada y propilitizada.
MC-73A	Misma ubicación. Veta de cuarzo/óxido cortando la granodiorita.
MC-73B	Cerca del primer asentamiento. Veta de cuarzo/óxido cortando la granodiorita.
MC-74	1 km en la trocha de mula hacia el prospecto. Dique porfídico color crema pálido.
MC-75	0.5 km más al este. Similar con silicificación tardía.
MC-76	+200 m. Muestra similar.
MC-77	Área minera Chinapintza. Veta de óxido/cuarzo muy oxidada.
MC-78A MC-78B MC-78C MC-78D	Área minera Chinapintza. Muestras de mena fresca de sulfuros de la galería que ha penetrado un pórfido cuarzo-feldespático brechado. Los sulfuros son principalmente esfalerita, galena y pirita con calcopirita menor.
MC-79A	Sector suroccidental del área minera. Veta oxidada.
MC-79B	Sector suroccidental del área minera. 5 metros al noreste. Veta similar
MC-70	

Prospecto Piuntza	
MC-54A	Brecha volcánica con clastos pumíticos y matriz sulfurosa.
MC-54B	Similar con fractura rellena de clorita.
MC-54C	Brecha fresca, color azul-gris, con matriz sulfurosa. Tiene clastos de pórfido cuarzo-feldespático.
MC-54D	Similar a MC-54C, cuando es triturada se ven colores dorados.
MC-55	Pórfido cuarzo-feldespático con vetillas submilimétricas sulfurosas.
MC-56A	Pórfido cuarzo-feldespático fresco.
MC-56B	Clasto metasedimentario en pórfido – impregnación de sulfuros.
MC-56C	Brecha volcánica mineralizada.
MC-56D	Pórfido cuarzo-feldespático fresco.
MC-57A	Rodado de brecha extrusiva.
MC-57B	Toba con un lapilli acrecional bien formado.
MC-58	Veta de cuarzo-pirita.
MC-59	Roca de falla con cuarzo, clorita, epidota.

5.6 Áreas de Palanda y Río Mayo

5.6.1 Esquema de la geología

Estas áreas representan parte del batolito subandino del Ecuador meridional y abarcan una sección de vía a través de Palanda en la autopista entre Loja y Zumba y un área cerca de Río mayo al este de Zumba en el sendero hacia el prospecto aurífero Los Planes (ver siguiente sección 5.7).

Fueron examinadas dos localidades de interés en cortes de vía cerca de Palanda, en una existe una propilitización muy extensiva acompañando a la deformación en una zona de falla o cizalla. La segunda exhibe un enjambre subparalelo de vetillas (1-2 mm) de cuarzo pirita con estrechos márgenes propilitizados. En ambos casos la roca hospedante es una granodiorita y no se observó evidencia de, e.g. intrusivos porfídicos.

Inmediatamente al este del Río Mayo existen estrechas vetas de cobre cortando a la granodiorita y, en la vía antigua que dirige al oeste hacia La Cruz los volcánicos andesíticos-dacíticos están asociados con pequeñas exposiciones de una roca con epidota-cuarzo-magnetita con afinidad de skarn.

5.6.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 7a, b)

Las seis muestras ensayadas entregaron resultados importantes – la veta de cobre entregó 1.12 g/t de oro (MC-33B). Las tres muestras de la zona de cizalla fuertemente alterada en la vía a Palanda ensayaron un valor traza, pero esta ocurrencia merece otra examinación.

5.6.3 Datos de muestras bateadas

5.6.3 Investigaciones mineralógicas (ver Apéndice 5 en este Informe Anual)

Para las rocas de esta área no se realizaron secciones pulidas para luz reflejada ni algún trabajo con microsonda. Una muestra (MC-46C) de la zona de cizalla en la vía a Palanda fue examinada petrográficamente y confirma la observación de campo, que los minerales de alteración son cuarzo, epidota, calcita y clorita con algo de pirita.

5.6.4 Conclusiones generales

Las exposiciones examinadas en la vía a Palanda presentan una extensiva alteración en algunos lugares, pero las muestras ensayadas no indican que la alteración acompaña a la mineralización económica. Una muestra del Río Mayo con sulfuros de metales bases entregó un valor de oro mayor a 1 g/t.

Tabla 7a. Palanda-Río Mayo

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu%	Pb%	Zn%	Cd%	Sb%	Bi%	As (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)
MC-32	0.01	0									
MC-46A	0	0									
MC-46B	0.02	0									
MC-46C	0	0									
MC-33A											
MC-33B	1.12	2	0.18	0	0	0	0	0	25	3	0
MC-34	0.05	0	0.04	0	0	0	0	0	40	5	12
MC-45	0.01	0									
MC-92	0.04	0									

Tabla 7b. Palanda-Río Mayo

MC-32	Vía Palanda-Zumba. Volcánico joven con vetas de epidota/clorita.
MC-46A MC-46B MC-46C	Vía principal al sur de Palanda. Granodiorita silicificada, cizallada, cloritizada.
MC-33A	Banco meridional del Río Mayo. Granodiorita subandina fresca.
MC-33B	Misma ubicación. Granodiorita cortada por veta (1 mm) de cobre.
MC-34	Misma ubicación. Rodado metavolcánico con pirrotina diseminada.
MC-45	Vía antigua al oeste de Río Mayo. Roca volcánica alterada con magnetita y epidota.
MC-92	Ubicación desconocida; desde el bar en Palanda. Diorita con pirita prominente.

5.7 Prospecto Los Planes (Sachacuri) y travesía adyacente

5.7.1 Esquema de la geología

El prospecto de oro Los Planes consiste en una serie de estrechas vetas de cuarzo y stockworks cuarzosos alojados por una serie de densas lavas andesíticas y tobas fuertemente meteorizadas y argilizadas. El área de interés es parte de una zona más grande subyacida por piroclastos y lavas andesíticas-dacíticas formando un macizo volcánico consanguíneo con el batolito granodiorítico inmediatamente al oeste, que también es parte de la zona Subandina.

El prospecto presenta evidencia de antiguas operaciones mineras con grandes canales de agua y excavaciones someras. Actualmente es investigado por Cyprus Minerals, y en julio de 1988 se realizó una perforación exploratoria.

Aunque se ocuparon dos días en el prospecto no se observó alguna definida estructura de corte – parece que existe un gran número de vetas de hasta 10 cm de ancho y algunas amplias áreas de stockworks cuarzosos, pero no se encontró algún patrón. Algunas vetas, especialmente en las lavas andesíticas, contienen pirita, etc.

Se realizó una travesía desde el área del prospecto hacia el norte al Río Afiladeras, cruzando piroclásticos y volcánicos andesíticos en todo el camino. Fueron observados grandes bloques de arenisca blanca sacaroidea (Fm. Hollín?), pero no se determinó su relación con los volcánicos. En la travesía de retorno se cruzó por varios enclaves volcánicos dentro de la granodiorita y fueron muestreados los afluentes que drenan el macizo volcánico.

5.7.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 8a, b)

Fueron recolectadas doce muestras de vetas, la mayoría de lugares señalados por el *gerente* del prospecto. Excepto por una, todas entregaron valores de oro mayores a 0.2 g/t. Una muestra, MC-35A, de un denso stockwork cuarzoso, ensayó 233 g/t de oro y 62 g/t de plata, el siguiente valor más alto fue de 3.02 g/t de oro. Dos muestras de piroclastos ricos en sulfuros del Río Afiladeras no entregaron resultados importantes.

5.7.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Siete muestras fueron recolectadas; dos abajo del prospecto, una de éstas (P23) contiene scheelita, se encontró oro en ambas. En las otras cinco se observó oro en dos, no se identificó scheelita.

5.7.4 Investigaciones mineralógicas

Además de los ensayos, no se realizaron otros estudios de rocas. Un concentrado de oro de los afloramientos equivalentes a MC-35A fue bateado de una muestra triturada y es enlistado como P-47, se reportó varios granos pequeños de oro. Sin embargo, no se registraron datos de la proporción oro-plata (ver Apéndice 6 en este Informe Anual).

5.7.5 Conclusiones generales

El prospecto Los Planes consiste en una amplia área de vetas y stockworks de cuarzo alojados en piroclastos y lavas andesíticas-dacíticas. Los valores de oro son generalmente bajos, con una excepción. El estilo es de un epitermal de alto nivel y bien podría esperarse que a profundidad existan grandes vetas, probablemente asociadas con sulfuros. El contexto regional es de emplazamiento asociado con cúmulos volcánicos calco-alcalinos con un substratum batolítico.

Tabla 8a. Los Planes y Río Afiladeras

	Au (g/t)	Ag (g/t)
MC-35A	233	62
MC-35B	1.48	3
MC-35C	0.68	1
MC-35D	0.24	0
MC-36	0.24	1
MC-37	0.21	0
MC-38	0.35	2
MC-39	0.39	10
MC-40A	0.02	0
MC-40B	3.02	4
MC-41	0.55	3
MC-42	0.28	1
MC-43A	0.03	0
MC-43B	0	0
MC-44A	0	0
MC-44B	0.01	0

Tabla 8b. Los Planes y Río Afiladeras

MC-32	
MC-35A	Veta de cuarzo en tobas meteorizadas color crema, 200 abajo del campo. Se dice que contiene oro.
MC-35B	100 m al este de 35A. Roca similar.
MC-35C	Cerca del sitio de perforación. Toba silicificada.
MC-35D	Cerca del sitio de perforación. Stockwork de cuarzo.
MC-36	Arriba del sitio de perforación. Veta de cuarzo-sulfuro cortando una toba muy dura.
MC-37	50 m colina abajo. Veta de cuarzo-sulfuro cortando una andesita.
MC-38	300 m colina arriba. Volcánicos silicificados con sulfuros.
MC-39	200 m colina arriba. Veta de cuarzo.
MC-40A	Arriba del sitio de perforación. Veta de cuarzo con sulfuros cortando una andesita.
MC-40B	Misma ubicación. Muestra similar.
MC-41	100 m colina arriba pasando la cascada. Muestra similar.
MC-42	50 m aguas arriba. Muestra similar.
MC-43A	Río San Francisco Sachacuri. Rodados de tobas mineralizadas.
MC-43B	Misma ubicación. Veta de cuarzo-pirita.
MC-44A	Río Afiladeras. Tobas de lapilli con sulfuros diseminados
MC-44B	Río Afiladeras. Tobas estratificadas y tobas de lapilli (extrusivas).

5.8 Granitos Loma del Inca, Loja y Malacatos

5.8.1 Esquema de la geología

Son tres áreas de granito separadas ubicadas al sur de Saraguro, son equiparadas con el Conjunto del Granito Tres Lagunas como está expuesto en la Mina Peggy, etc. Los tres están emplazados en una roca hospedante metamórfica correlacionada con la unidad semipelítica Loja expuesta al este de la zona de deformación frente Baños, por ejemplo, en la Mina Peggy. Sin embargo, existe cierta incertidumbre respecto a si el frente Baños extiende esto más al sur, aunque la falla Las Aradas sería una expresión del mismo.

El granito Malacatos fue examinado en su afloramiento meridional 5 km al norte del pueblo de Malacatos. En el afloramiento tiene una apariencia de Granito Tres Lagunas – siendo un granito con cuarzo azul, biotita, megacristales de feldespato, con numerosos parches de turmalina y estrechas vetillas que lo cortan transversalmente. Ocasionalmente las partes ricas en moscovita tienen una apariencia de greisen.

Tanto el granito Loma del Inca (14 km al SW de Malacatos) y el granito Loja (16 km al NW de Loja en la nueva vía a Saraguro) tienen un carácter diferente a la mayoría de ocurrencias del Granito Tres Lagunas, en el sentido de que no están deformados y claramente cortan transversalmente a las fábricas D1 y D2 de su roca hospedante, i.e. son post-tectónicos. Ambos tienen relaciones de contacto bien expuestas y pasan marginalmente hacia pegmatitas y vetas de cuarzo-feldespato-turmalina. La roca hospedante a veces está recristalizada a una roca con abundante moscovita adyacente a los contactos de estas vetas y pegmatitas – una forma de greisenización. Sin embargo, a pesar de la cuidadosa examinación no se observó indicación alguna de minerales de sulfuros u óxidos en las pegmatitas, vetas o greisens.

5.8.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 9a, b)

Fueron analizadas para estaño y tungsteno cinco muestras de greisen y granito con turmalina y/o moscovita del afloramiento de Malacatos, pero no se obtuvo algún valor de importancia.

Ocho muestras de la facies marginal y de vetas de los granitos post-tectónicos entregaron valores máximos de 23 ppm Sn y 32 ppm W, muy bajos para estimular algún interés.

5.8.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Se obtuvo seis muestras, en ninguna se identificó casiterita ni oro. Las muestras de Malacatos contenían algo de scheelita.

5.8.4 Investigaciones mineralógicas

Debido a la escasez de algún indicador de mineralización no se realizaron secciones pulidas para el trabajo en microscopio de luz reflejada.

Tres muestras del granito con turmalina de Malacatos fueron examinadas petrográficamente (MC-50A, 50C y 52A), las observaciones se encuentran en el Apéndice 5 de este Informe Anual. No se observó minerales de mena.

5.8.5 Conclusiones generales

Dos de los tres granitos con biotita, turmalina-moscovita son pequeños stocks post-tectónicos con vetas y pegmatitas marginales, intruyendo y alterando (a pequeña escala) la roca hospedante a un greisen estéril.

El tercero (Malacatos) es el típico Granito Tres Lagunas cataclástico.

Los datos disponibles indican que estos granitos tienen un bajo potencial de mineralización económica.

La relación de edad aquí deducida señala que probablemente exista una fase temprana (sin-tectónica) y una tardía (post-tectónica) de granitos con dos-micas y turmalina.

Tabla 9a. Granitos Loma del Inca, Loja y Malacatos

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Sn (ppm)	W (ppm)	Análisis
MC-47A			16	32	
MC-47B			14	13	
MC-47C			5	2	
MC-47D			23	11	
MC-48			6	4	A
MC-49	0.01	0			
MC-50A			1	0	A
MC-50B			4	2	
MC-50C			5	0	
MC-51			1	0	
MC-52			11	0	
MC-80			5	0	A
MC-81A			14	0	
MC-81B			10	17	

Tabla 9b. Palanda-Río Mayo

Zona del contacto norte del granito Loma del Inca	
MC-47A	?Pegmatita con cuarzo-feldespato-turmalina.
MC-47B	Veta de exo-contacto con cuarzo-turmalina.
MC-47C	Veta con cuarzo-sericita-feldespato-turmalina.
MC-47D	Roca bandeada con cuarzo-turmalina-moscovita.

Parte central del afloramiento	
MC-48	Granito biotítico
MC-49	*Veinstone* de cuarzo con impregnación de óxidos y brechación tardías.

Margen norte de la cuenca Malacatos	
MC-50A MC-50B MC-50C	Granito biotítico foliado con turmalina en grumos o en vetillas milimétricas.
MC-51	Pegmatita de cuarzo-feldespato-moscovita con turmalina.
MC-52	Greisen con biotita-cuarzo-moscovita.

Granito pegmatítico post-tectónico en una nueva vía al norte de Loja	
MC-80	Granito pegmatítico biotítico – dos tamaños de grano.
MC-81A	Granito pegmatítico rico en moscovita con mena.
MC-81B	Turmalina. Rocas de grano fino a medio con cuarzo-moscovita.

5.9 Áreas de Espíritu Santo y Saraguro

5.9.1 Esquema de la geología

10 km al este de Saraguro, anteriores trabajos han ubicado minerales de estaño y tungsteno en concentrados de batea. Fue visitada el área marcada como Granito Tres Lagunas en el mapa a escala 1:250000 de la Cordillera Real. Toda el área expone o jóvenes volcánicos o jóvenes microgranodioritas. Los rodados en los drenajes indican que rocas más antiguas probablemente afloran en la divisoria de aguas continental más al oeste, pero no fueron alcanzadas.

El área de Espíritu Playa-Pulca Urco está localizada a 45 km al NNE a lo largo del rumbo, desde la anomalía de estaño de Saraguro y 24 km SSW de la Mina Peggy, siendo la extensión meridional del frente Baños. El área se encuentra en las cabeceras del Río Chauli que drena sus aguas hacia el este – el pueblo más cercano es Gima, 15 km al noroeste. En el camino de acceso el Granito Tres Lagunas se alterna con esquistos cuarzo-sericíticos, ambos están asociados con numerosas vetas de cuarzo blanco, algunas con sulfuros o turmalina. Existen pequeñas áreas de greisen, también una roca con cuarzo-moscovita-turmalina en el camino que desciende hacia el valle del Río Chauli.

En el valle, por más de ~4 km de ancho, en los afluentes principales y laterales está expuesto un granito biotítico de grano grueso tipo Tres Lagunas. Está menos tectonizado en las partes orientales, la deformación aumenta en dirección occidental hacia el frente Baños. Se conoce de algunos trabajos de oro aluvial a pequeña escala, pero se observaron pocas indicaciones de mineralización, excepto por las zonas de pirita impregnadas en el granito asociadas con pequeñas cizallas. Las intrusiones granodioríticas más jóvenes serían la causa de esta ocurrencia. Existe evidencia de grandes bloques en ambos lados de las partes superiores del Chauli.

5.9.2 Datos analíticos de metales preciosos y base (Tabla 10a, b)

Una muestra de granodiorita (MC-B2) del área de Saraguro fue analizada para elementos mayores y trazas (Tabla 11). Fueron ensayadas cinco muestras de Espíritu Playa incluyendo dos Granitos Tres Lagunas con impregnaciones de pirita (MC-88A, B y 89). No se detectó oro excepto por un valor traza en una veta de cuarzo-pirita (MC-83A). Otras cinco muestras fueron ensayadas para estaño y tungsteno, en una (MC-85, identificada en el campo como greisenizada) se registró 63 ppm Sn, las demás tenían valores bajos.

5.9.3 Datos de muestras bateadas (Tabla 1)

Cinco muestras fueron recolectadas en los drenajes al este de Saraguro. En la más septentrional (P40) se identificó casiterita y está marcada como 'común'. Esta muestra también contiene considerable scheelita. En ese sitio se presentan bloques de granito gnéisico diferentes a los otros cuatro en donde sólo se encontró microgranodioritas y tobas jóvenes. Este drenaje anómalo no es aquel marcado en el mapa 1:250000, sino otro al norte – el Río Pichanal (GR-064-984).

En siete muestras de Espíritu Playa no se encontró scheelita, ni oro, ni casiterita.

5.9.4 Investigaciones mineralógicas

No se examinaron muestras de roca en luz reflejada. Se realizó el estudio petrográfico de MC-82 (microgranodiorita del oeste de Saraguro) y MC-93 (granito biotítico-moscovítico de la asociación del Granito Tres Lagunas) como parte de un trabajo comparativo de tipos de granito (ver Apéndice 5 de este Informe Anual).

5.9.5 Conclusiones generales

La anomalía de estaño (casiterita) al este de Saraguro fue confirmada, pero no se realizó una travesía hacia la fuente. Como anteriormente se reportó, en el mismo drenaje, el tungsteno, en la fase de scheelita, también es prominente. Sin embargo, en el área Ayllón la scheelita también es común en los sedimentos fluviales y se debe considerar un origen separado de aquel para el estaño, similar para parte o toda la scheelita. La Scheelita ($CaWO_4$) por lo general es asociada con granitos tipo-'I', particularmente en depósitos de skarn. Algunos de los depósitos de tungsteno más grandes se componen de scheelita en skarn.

El granito del área de Espíritu Playa es de tipo Granito Tres Lagunas y en esta travesía es progresivamente menos deformado hacia el este. No se encontró casiterita en las muestras bateadas, pero una muestra de greisen entregó un valor de 662 ppm Sn que, aunque esta sobre el background, no es suficiente evidencia para asumir la presencia de un área prospectiva.

En el área, la evidencia de mineralización de oro está limitada al valor traza de una veta de cuarzo-pirita.

Tabla 10a. Área de Espíritu Santo

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Sn (ppm)	W (ppm)	Análisis
MC-83A	0.01	0			
MC-83B			3	0	
MC-84	0	5			
MC-85			63	6	
MC-86			2	7	
MC-87			8	4	
MC-88A	0	5			
MC-88B	0	5			
MC-89	0	5			
MC-93			7	3	A
MC-82			0	0	A

Tabla 7b. Palanda-Río Mayo

MC-83A	Trocha de mula desde Moriré hasta Espíritu Playa. Veta de cuarzo-pirita en esquisto.
MC-83B	Ubicación similar. Veta de cuarzo-turmalina en esquisto.
MC-84	Ubicación similar. Cuarzo gris masivo con pirita.
MC-85	Facies marginal rica en moscovita y pirita de un granito-greisen biotítico.
MC-86	Banco meridional del Río Chauli. Roca alterada (greisen?) con moscovita-cuarzo.
MC-87	Misma ubicación, muestra similar.
MC-88A	0.5 km al oeste de MC-87. Pirita y sericita asociadas con un granito fracturado y con vetas en red.
MC-88B	Misma ubicación. Zona de cizalla poco pirítica en un granito.
MC-89	2 km al oeste de MC-88. Muestra similar a MC-88A.
MC-93	Puente Espíritu Playa. Granito fresco con cuarzo azul-biotita.
MC-82	

6. GEOQUÍMICA PARA LA CLASIFICACIÓN DE UN CONJUNTO DE GRANITOS Y VOLCÁNICOS SILÍCICOS.

6.1 Introducción

Las investigaciones por el equipo BGS/INEMIN en Ecuador (Litherland, 1988) han propuesto que la zona de granitos conocida como Conjunto del Granito Tres Lagunas era diferente a los habituales granitos tipo-'I' Andinos. La naturaleza fuertemente deformada de estos granitos junto con su carácter de dos-micas, carencia de hornblenda y asociación con estaño y tungsteno condujeron a la conclusión de que podrían ser granitos colisionales tipo-'S' que en algunas partes del mundo, e.g. el SE de Asia, alojan concentraciones económicas importantes de estaño y tungsteno.

La presente investigación puso a prueba estos planteamientos de la siguiente manera:

(a) Cuidadosa inspección de afloramiento y selección de muestras para ensayos de estaño y tungsteno.

(b) Recolección de muestras bateadas de minerales pesados de los afluentes que drenan los afloramientos de granito – para identificación de casiterita.

(c) Estudios petrográficos de láminas delgadas – para determinar el conjunto mineral característico presente.

(d) Análisis de elementos mayores y traza de un conjunto de granitos típicos con el fin de comparar lo obtenido con los resultados de otros lugares.

Los resultados de (a) y (b) fueron entregados en las primeras partes de este reporte, y en general proporcionan una impresión muy favorable del potencial de estaño y tungsteno del Conjunto del Granito Tres Lagunas. El estudio petrográfico (ver Apéndice 5 en este Informe Anual) concluye que los granitos son de tipo-'S'. El resto de esta sección introduce y aporta algunas interpretaciones de los análisis recientemente completados.

6.2 El conjunto analizado

Fueron analizadas 11 muestras del Conjunto del Granito Tres Lagunas, ocho fueron seleccionadas de aquellas recolectadas en 1988 y tres de un grupo de muestras enviadas anteriormente por el Dr. Aspden e Ing. Viteri.

Adicionalmente, fueron analizadas cinco muestras de intrusivos tipo 'I' y tres de volcánicos recientes silícicos, con propósitos comparativos. Los resultados se enlistan en la Tabla 11.

Tabla 11a. Volcánicos silícicos y granitos del Ecuador

	T MC-8	T MC-11	T MC-14	T MC-15B	T MC-48	T MC-50A	T MC-80	T MC-93	T MC-94	T MC-95	T MC-96	A MC-27C	A MC-31	A MC-56A	A MC-72	A MC-82	V MC-97	V MC-98	V MC-99
SiO_2	72.03	76.09	70.06	76.16	72.61	67.67	74.12	69.52	69.10	72.32	68.43	58.05	70.37	68.90	61.32	63.17	70.94	64.71	61.86
Al_2O_3	13.06	12.97	13.59	12.25	12.97	14.76	14.69	14.61	13.61	13.31	13.41	18.21	16.48	17.15	16.78	16.08	13.83	15.81	15.45
TiO_2	0.55	0.06	0.55	0.17	0.57	0.58	0.12	0.56	0.75	0.45	0.83	0.71	0.16	0.37	0.48	0.70	0.17	0.53	0.58
Fe_2O_3	0.97	0.41	1.07	1.05	1.36	1.00	0.16	0.91	1.09	0.75	1.64	1.86	0.79	1.44	3.41	2.03	0.51	3.32	3.54
FeO	2.48	0.50	2.52	0.57	2.28	3.34	0.86	2.77	3.54	2.37	3.77	3.27	1.06	0.43	2.17	3.09	0.90	1.81	2.30
MgO	1.10	0.09	1.35	0.20	1.15	2.07	0.25	1.02	1.94	0.91	1.52	3.78	0.64	0.54	1.67	2.60	0.35	2.54	3.47
CaO	1.74	0.19	1.60	0.06	0.56	3.27	1.31	1.62	1.63	1.21	2.26	6.84	3.34	0.04	5.37	4.82	1.79	4.88	5.62
Na_2O	2.53	3.03	3.53	2.75	3.07	3.31	3.87	2.82	2.28	2.71	2.42	3.89	4.50	0.25	3.83	3.84	4.09	4.19	3.86
K_2O	4.02	5.70	3.08	5.56	3.33	2.23	4.13	4.21	3.53	4.42	3.24	0.70	2.09	8.07	3.28	3.16	2.45	1.65	1.46
MnO	0.09	0.01	0.04	0.01	0.07	0.08	0.02	0.06	0.11	0.08	0.10	0.70	0.07	0.00	0.13	0.12	0.08	0.08	0.09
P_2O_5	0.22	0.12	0.16	0.06	0.07	0.19	0.06	0.16	0.16	0.12	0.25	0.10	0.09	0.12	0.22	0.22	0.08	0.12	0.11
LOI	1.00	0.50	1.88	0.93	1.33	0.86	0.25	1.08	1.39	0.88	1.35	2.04	0.28	2.37	0.80	0.60	4.37	0.10	1.10
Total	**99.79**	**99.67**	**99.43**	**99.77**	**99.37**	**99.36**	**99.84**	**99.34**	**99.13**	**99.53**	**99.22**	**100.15**	**99.87**	**99.68**	**99.46**	**100.43**	**99.56**	**99.74**	**99.44**
Qtz	35.81	36.22	31.42	38.62	38.26	28.28	32.20	30.86	34.31	34.60	33.55	11.85	27.81	36.00	14.19	18.06	33.14	20.97	18.12
C	1.91	1.76	1.92	1.74	3.47	1.41	1.62	2.85	3.46	2.16	2.41	4.14	0.96	8.22	19.39	12.77	1.39	9.75	8.63
Or	23.76	33.69	18.20	32.86	19.68	13.18	24.41	24.88	20.86	26.12	19.15	32.91	12.35	47.70	32.41	32.49	14.48	35.45	32.66
Ab	21.41	25.64	29.87	23.27	25.97	28.01	32.74	23.86	19.29	22.93	20.48	30.17	38.07	2.12	18.91	20.27	34.61	19.46	20.52
An	7.20	0.16	6.89	0.50	2.32	14.98	6.11	6.99	7.04	5.22	9.58	2.50	15.98	1.34	4.97	1.79	8.36	3.09	5.20
Hy	5.75	0.72	6.27	1.38	5.12	9.65	1.91	6.06	9.40	5.40	8.17	11.64	2.75	0.31	2.43	8.67	1.97	4.90	6.72
Mt	1.41	0.59	1.55	0.10	1.97	1.45	0.23	1.32	1.58	1.09	2.38	2.70	1.15	1.22	4.94	2.94	0.74	4.56	5.13
Il	1.04	0.11	1.04	0.32	1.08	1.10	0.23	1.06	1.42	0.85	1.58	1.35	0.30	0.70	0.91	1.33	0.32	1.01	1.10
Hap	0.52	0.28	0.38	0.14	0.17	0.45	0.14	0.38	0.38	0.28	0.59	0.24	0.21	0.28	0.52	0.52	0.19	0.28	0.26
Hm																		0.18	
Nb	15.00	4.00	10.00	7.00	10.00	8.00	6.00	14.00	13.00	13.00	16.00	3.00	12.00	4.00	6.00	9.00	4.00	6.00	3.00
Rb	150.00	150.00	120.00	146.00	141.00	88.00	114.00	191.00	142.00	206.00	114.00	13.00	95.00	235.00	111.00	77.00	54.00	36.00	33.00
Sn	5.00	9.00	8.00	6.00	6.00	1.00	5.00	7.00	7.00	6.00	5.00	1.00	3.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00
Sr	135.00	76.00	111.00	92.00	125.00	176.00	206.00	93.00	128.00	84.00	165.00	655.00	1338.00	118.00	534.00	529.00	302.00	447.00	448.00
Th	9.00	3.00	8.00	3.00	12.00	1.00	5.00	13.00	7.00	16.00	13.00	3.00	4.00	13.00	8.00	13.00	4.00	5.00	10.00
U	7.00	7.00	2.00	1.00	4.00	2.00	4.00	6.00	3.00	8.00	4.00	1.00	3.00	2.00	3.00	4.00	4.00	2.00	1.00
W	1.00	2.00	1.00	1.00	4.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Zr	168.00	53.00	184.00	27.00	215.00	226.00	53.00	199.00	218.00	175.00	302.00	81.00	98.00	87.00	103.00	150.00	125.00	101.00	86.00
Ba	795.00	223.00	541.00	551.00	763.00	335.00	544.00	681.00	967.00	551.00	791.00	164.00	2449.00	1164.00	1156.00	830.00	984.00	757.00	684.00
Ta	<2.00	4.00	3.00	2.00	5.00	5.00	4.00	<2.00	7.00	4.00	4.00	<2.00	3.00	<2.00	4.00	<2.00	2.00	4.00	3.00
Y	39.00	14.00	34.00	23.00	22.00	22.00	21.00	56.00	34.00	39.00	77.00	14.00	6.00	9.00	26.00	20.00	11.00	7.00	11.00
Rb/Sr	1.11	1.97	1.08	1.59	1.13	0.50	0.55	2.05	1.11	2.45	0.69	0.02	0.07	2.00	0.21	0.15	0.18	0.08	0.07
D.I.	80.98	95.55	79.49	94.75	83.91	69.47	89.35	79.60	74.46	83.55	73.18	74.93	78.23	85.82	65.51	70.82	82.23	75.88	71.30

Tabla 11b. Ubicación y descripción de las muestras de volcánicos silícicos y granitos, analizadas para elementos mayores y traza.

Conjunto del Granito Tres Lagunas (T)		
MC-8	Inmediatamente abajo de la Mina Peggy. Granito biotítico de grano grueso con megacristales de feldespato.	
MC-11	Entre el Río Huigra y el Río Tres Lagunas, al este de Principal. Granito biotítico moderadamente deformado con moscovita prominente de hasta 3 mm.	
MC-14	100 m arriba de la confluencia del Río Minas y Río Burro Playa. Granito de cuarzo azul con un muy marcado estiramiento en dirección subhorizontal.	
MC-15B	100 m abajo de la misma confluencia. Granito de cuarzo azul foliado.	
MC-48	Granito biotítico-moscovítico en Loma del Inca, suroeste de Malacatos. Este afloramiento está fuertemente tectonizado y tiene vetilleo de exo-contacto con turmalina-moscovita (i.e. post-tectónico).	
MC-50A	Parte norte de la cuenca Malacatos. Granito biotítico, fuertemente foliado, contiene turmalina.	
MC-80	Norte de Loja, sur del plutón San José. Granito rico en moscovita post-tectónica y granito pegmatítico, cortando gneises ricos en cuarzo y esquistos verdes.	
MC-93	Típico granito cercano al puente peatonal Espíritu Playa.	
MC-94	= CRFV-498	Muestras examinadas por J. Dangerfield y reportadas en Min. & Pet. Rept. No. WG/88/17R.
MC-95	= CRFV-330	
MC-96	= CRFV-223	

Conjunto Andino (A) (Presuntos tipos-‘I’)	
MC-27C	Bloque rodado de roca volcánica en el Río Ayllón (Asociado con oro?).
MC-31	Dique microgranítico con moscovita-biotita cortando el complejo básico-ultrabásico Tampanchi.
MC-72	Microgranodiorita hornbléndica – Río Nambija.
MC-56A	Pórfido cuarzo-feldespático – prospecto Piuntza.
MC-82	Microgranodiorita hornbléndica-biotítica al este de Saraguro.

Volcánicos jóvenes al norte de Quito (V)		
MC-97	Clastos de pumita blanca de un horizonte de cantera.	Líticos del área circundante.
MC-98	Andesita con matriz vítrea.	
MC-99	Microdiorita	

6.3 Interpretación preliminar

Para facilitar la interpretación de los datos geoquímicos se ha usado cuatro diagramas de variación:

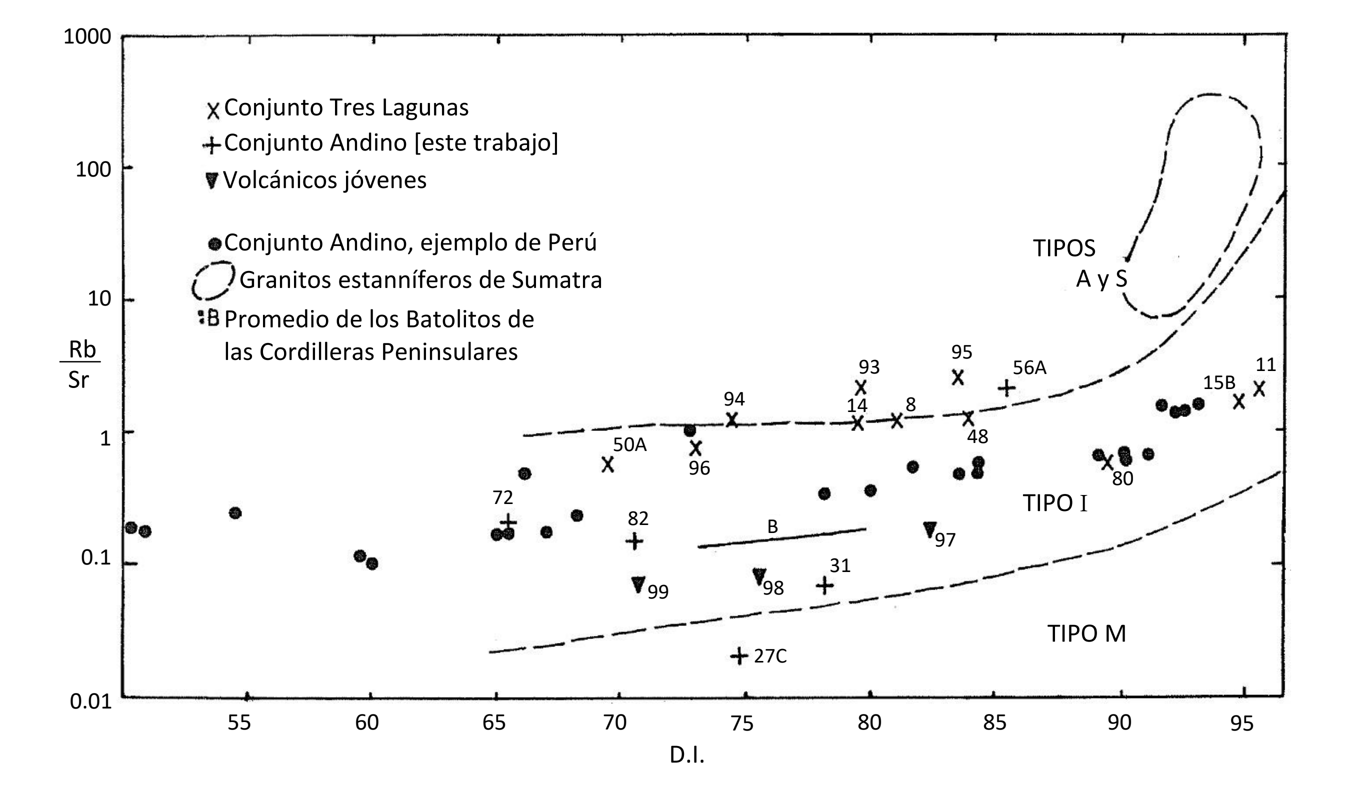
(a) Rb/Sr vs D.I. (índice de diferenciación) (Fig. 2.1)

Esta forma de diagrama de variación ha probado ser muy útil para distinguir varios conjuntos de granitos del sureste de Asia. En esencia la proporción Rb/Sr entrega una indicación del incremento del componente cortical y, en composiciones intermedias es virtualmente independiente del grado de diferenciación. Sin embargo, Rb/Sr se incrementa en composiciones más evolucionadas en conjuntos individuales, e.g. el conjunto Andino de Perú.

Dos líneas dividen al diagrama en tres campos – para tipos ‘S’ y ‘A’, tipos ‘I’ y ‘M’ (manto). Varios ejemplos son graficados y se puede observar que el conjunto del Granito Tres Lagunas sobrepasa el límite I-S, i.e. no es el usual conjunto cordillerano, pero los análisis graficados tampoco indican que sea un típico granito de estaño, la mayoría se ubica en la parte alta de Rb/Sr y la más diferenciada del diagrama, como los valores para Sumatra.

Los análisis de los cinco tipo-‘I’ y los tres volcánicos jóvenes en su mayoría se grafican dentro del campo tipo-‘I’.

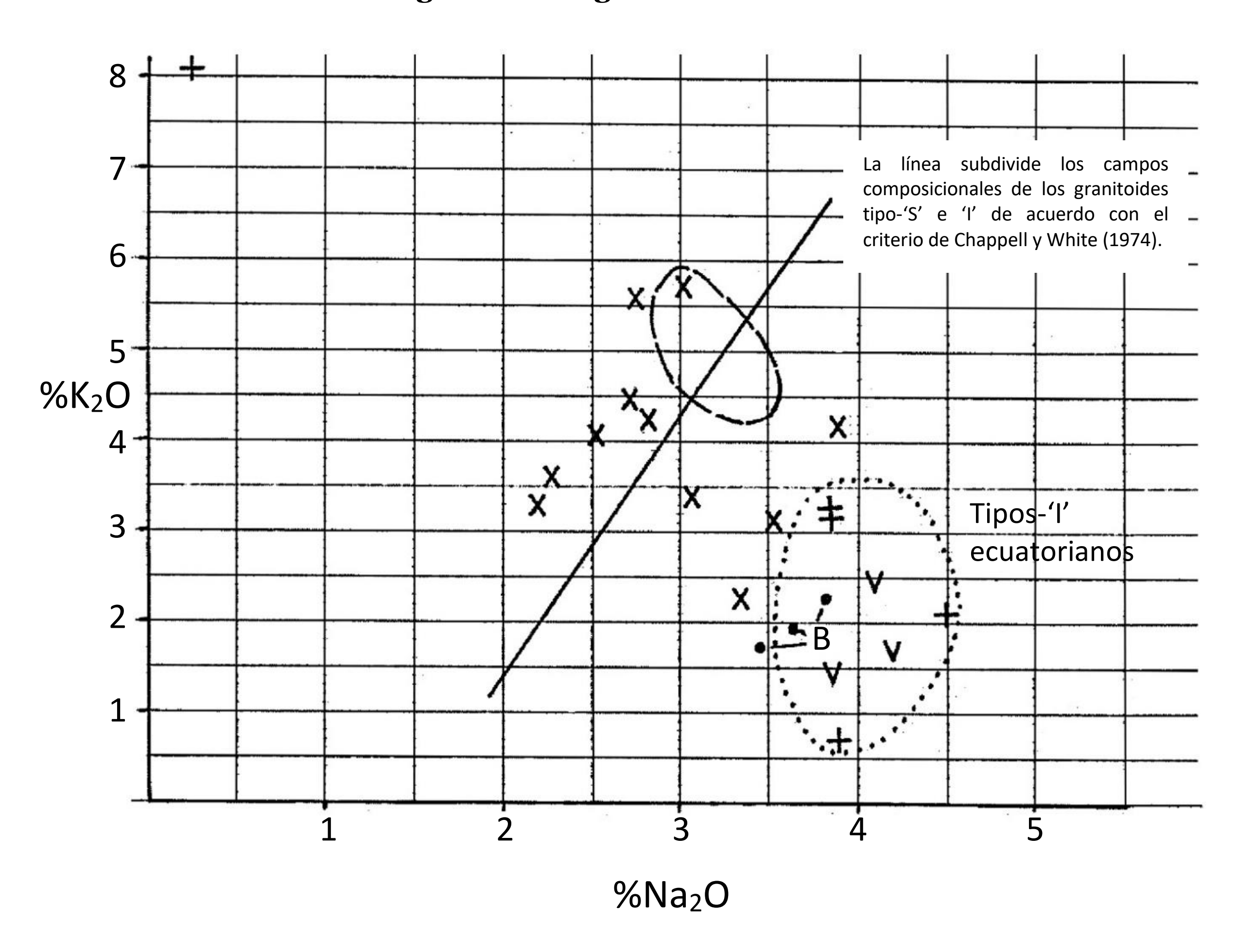
Figura 2.1. Diagrama Rb/Sr vs D.I.



(b) K_2O vs Na_2O (Fig. 2.2)

Este diagrama pertenece al trabajo inicial de Chappell y White. Los datos tanto del granito estannífero de Sumatra como del Granito Tres Lagunas sobrepasan el límite, pero no son superpuestos por los tipos-'I' ecuatorianos los cuales ocupan la misma parte del diagrama que los valores promedio de las Cordilleras Peninsulares. Estos datos indican que el Conjunto de Granito Tres Lagunas tiene una afinidad tipo-'S'.

Figura 2.2 Diagrama K_2O vs Na_2O

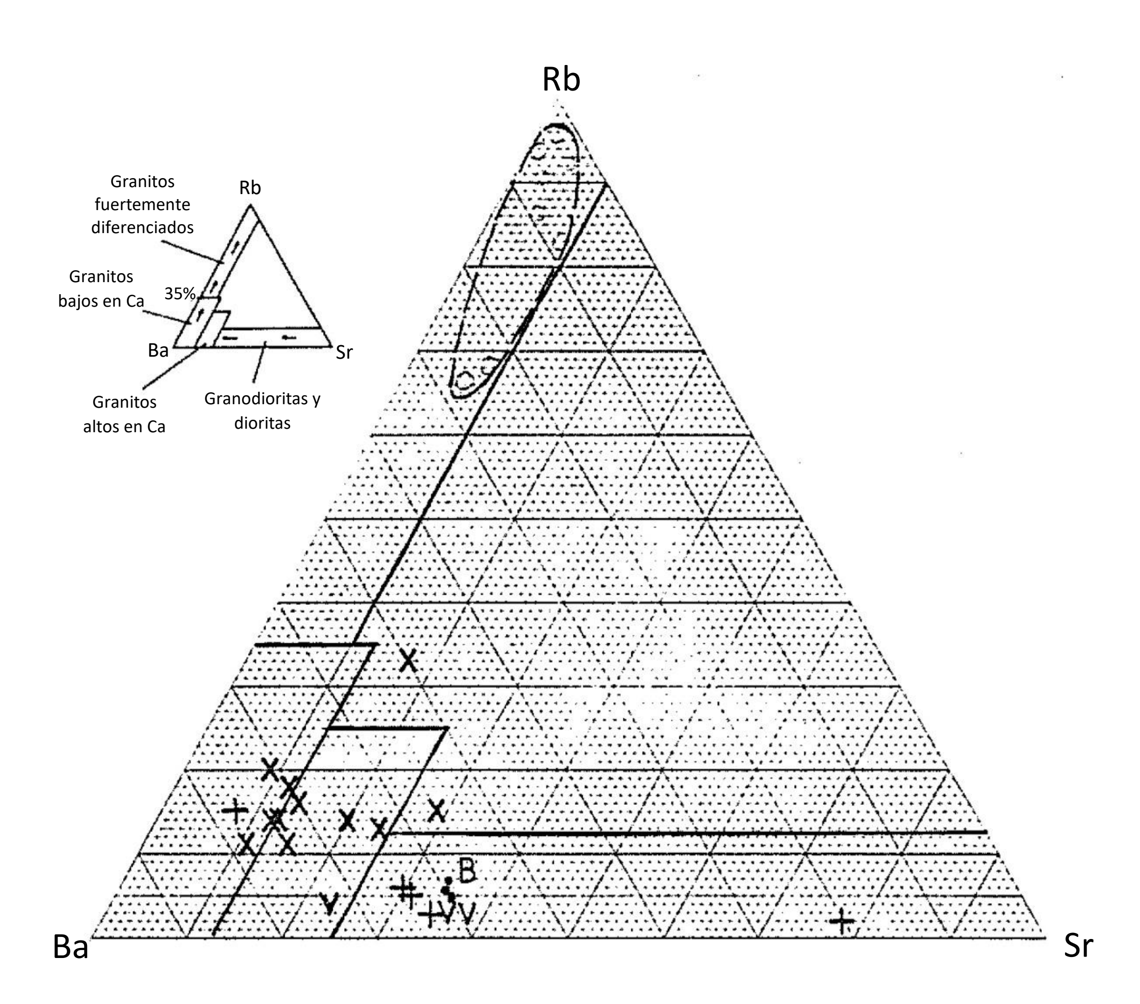


X Conjunto Tres Lagunas
+ Conjunto Andino [este trabajo]
▼ Volcánicos jóvenes
Granitos estanníferos de Sumatra
:B Promedio de los Batolitos de las Cordilleras Peninsulares

(c) Diagrama ternario Ba-Rb-Sr (Fig. 2.3)

La variación de estos tres elementos graficados en un diagrama triangular indica que el Conjunto Granito Tres Lagunas está en extremo muy poco diferenciado en comparación con los granitos de estaño del conjunto Sumatra. Los granitos ecuatorianos tipo-'I' junto con las composiciones promedio de las Cordilleras Peninsulares (B) se grafican, como se anticipó, en el campo de granodioritas.

Figura 2.3 Diagrama ternario Ba-Rb-Sr



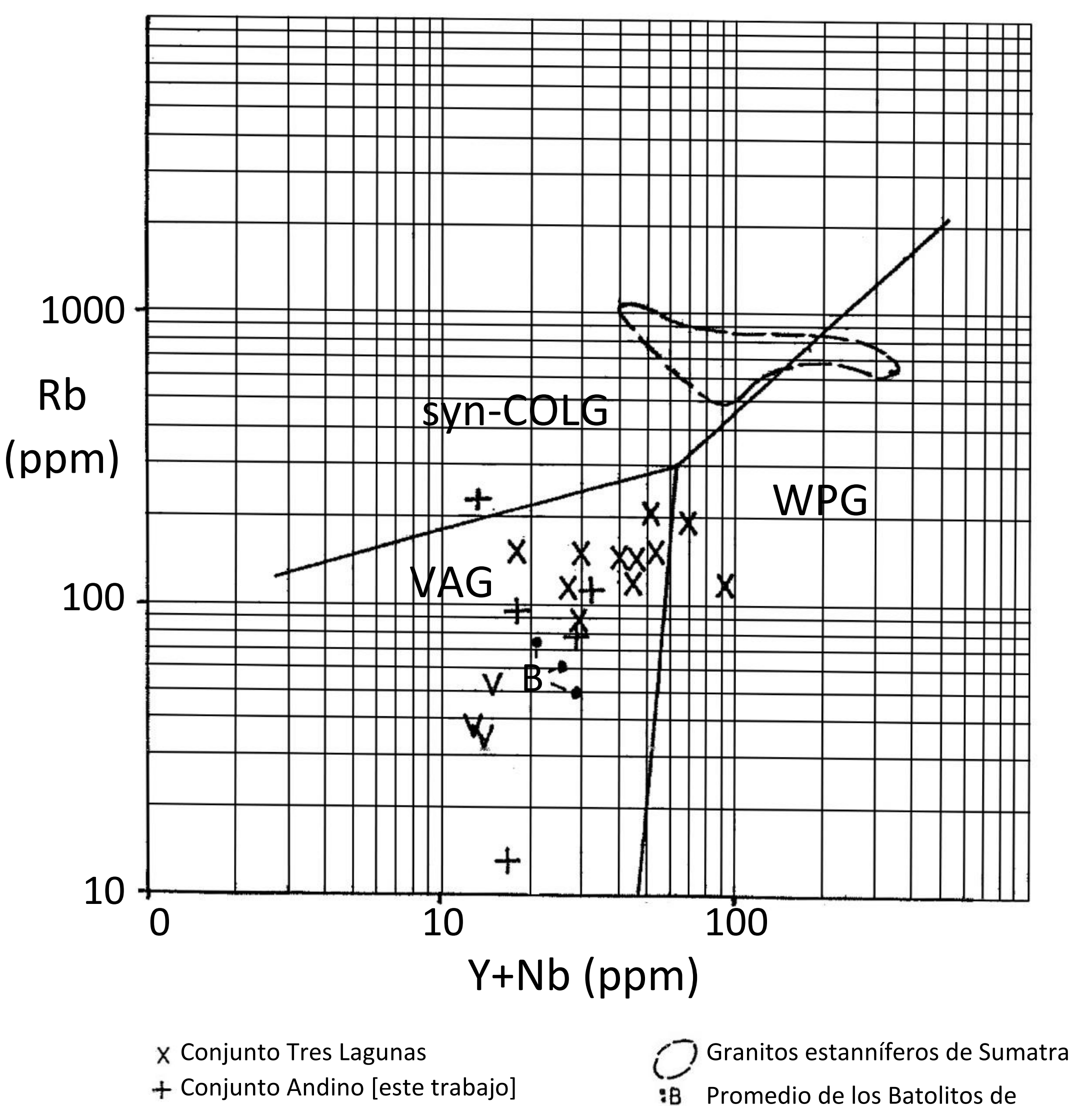
X Conjunto Tres Lagunas
+ Conjunto Andino [este trabajo]
▼ Volcánicos jóvenes
Granitos estanníferos de Sumatra
:B Promedio de los Batolitos de las Cordilleras Peninsulares

(d) Rb vs Y + Nb (Fig. 2.4)

Este diagrama propuesto por Julian Pearce es frecuentemente utilizado para relacionar la composición con el ambiente. El Conjunto Granito Tres Lagunas se grafica bajo el límite que separa a los granitos de arco volcánico (VAG, o tipos-'I') de los granitos sin-colisionales (syn-COLG, o tipos-'S') con cierta superposición con los granitos intraplaca (WPG, o tipos-'A'). Los tipos-'I' cordilleranos y ecuatorianos se encuentran en la parte central del campo VAG, mientras que los granitos estanníferos de Sumatra caen dentro del campo tipo-'S' con cierta superposición en el área tipo-'A'.

De acuerdo con estos datos el Conjunto Granito Tres Lagunas no es un usual tipo-'S', más parecido a un tipo-'I' con un componente cortical ligeramente más alto que el promedio.

Figura 2.4 Diagrama Rb vs Y + Nb



X Conjunto Tres Lagunas
+ Conjunto Andino [este trabajo]
▼ Volcánicos jóvenes
Granitos estanníferos de Sumatra
:B Promedio de los Batolitos de las Cordilleras Peninsulares

6.4 Conclusiones

(1) Los datos geoquímicos en los 4 diagramas permiten deducir lo siguiente:

   (a) El Conjunto Granito Tres Lagunas no es el usual tipo-'I' cordillerano.

   (b) Sin embargo, los parámetros geoquímicos no son del tradicional granito de estaño tipo-'S' altamente diferenciado.

(2) El contenido de rubidio y la proporción Rb/Sr son más altos que las típicas composiciones cordilleranas y esto se interpreta como un mayor componente cortical en la zona de donde presumiblemente se derivaron.

(3) Las proporciones Rb/Sr y Rb/Ba son más bajas que en los granitos usualmente asociados con estaño, incluso en el caso de MC-15B y MC-11 que tienen un índice de diferenciación (DI) Thornton y Tuttle extremadamente alto.

(4) Los bajos niveles de estaño en varias muestras pegmatíticas y de vetas (Tablas 2-11), junto con la casi ausencia de casiterita en las muestras bateadas, se correlacionan con los datos geoquímicos.

(5) De acuerdo con la presente evidencia el Conjunto Granito Tres Lagunas no debería ser considerado como una potencial provincia de estaño-tungsteno. Tendría concentraciones de estaño aisladas, pero sólo en Saraguro existe tal evidencia y no ha sido probada.

(6) Los datos geoquímicos indican, como se mencionó, un probable mayor componente cortical que se esperaría en granitos generados por colisión continente-continente.

(7) Las proporciones iniciales serían extremadamente útiles para incrementar las ideas acerca de la génesis de este conjunto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado, en el lado de UK, por ODA (Overseas Development Administration) en términos de su acuerdo de cooperación técnica bilateral con Ecuador. La institución contraparte, INEMIN, bajo la dirección del Ing. Guillermo Bixby, Gerente General, proporcionó la asistencia, hospitalidad y costos locales para el trabajo de campo. El personal de INEMIN vinculado al Proyecto, Ing. F. Viteri, Ing. M. Pozo y Sr. M. Célleri, suministró el apoyo especializado y personal en todo momento. La oficina del proyecto estuvo bajo el sereno y eficiente control de la Sra. Verónica Endara, a la cual se le agradece particularmente por la preparación de los reportes y la lista de muestras, en un plazo muy corto.

El Dr. y la Sra. Aspden brindaron una agradable acogida y, la Embajada Británica, en particular la Sra. F. Gristock y el Sr. D. Brigenshaw, el indispensable apoyo.

Numerosas personas y organizaciones prestaron sus servicios, incluyendo el Ing. E. Salazar (B. P. Minerals), Bill Mathais (Cyprus Minerals), Chester Sellers (Minas Sachacuri), Tori Birkeland, Frank Van Thournout (Misión Belga en INEMIN), Ing. Orbea e Ing. Bonifaz de la oficina regional de INEMIN en Zamora, y el Sr. Toledo (concesión Piuntza). En Nambija, los miembros de las siguientes sociedades nos facilitaron el acceso a sus trabajos y plantas: Velázquez, Benites, Playón, Reina del Cisne, Golden West, Castillo y Tocayos. En Chinapintza, la Sociedad Cariamanga y el Sr. Vincent Torres fueron de gran ayuda.

Las personas de las zonas de campo, en particular los asistentes y muleteros contratados localmente brindaron una ayuda amistosa y esencial.

Se agradece en particular al Sr. Ing. Guillermo Bixby y su esposa por ser anfitriones de la cena del proyecto al final de esta visita.

7. REFERENCIA 3

Estudio mineralógico de una muestra de roca volcánica mineralizada del Ecuador

N. J. Fortey

Mineral Sciences Research Group
British Geological Survey
Keyworth, Nottingham NG12 5GG, UK

7.1 Introducción

Este informe es preparado en respuesta a una solicitud del Dr. M. Clarke de la División de Ultramar de BGS para el estudio de una muestra (78E) de roca volcánica mineralizada del Ecuador. Los objetivos fueron determinar la petrología de la roca alterada y de las vetas minerales, y determinar la manera en la que se presenta la plata. Este trabajo se realizó bajo PA14BJ.

La muestra 78E es un fragmento (ca. 8 cm de ancho) de “minerales de mena alojados en una roca subvolcánica de tipo pórfido” del cinturón Subandino del Ecuador. El Dr. Clarke indica que la roca está asociada con un episodio de mineralización y evidente alteración de la roca hospedante. Representa a una muestra que entregó los siguientes resultados totales (*bulk*):

Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Cd (%)	Sb (%)	B (%)
0.35	37.0	0.03	0.08	2.75	0.024	<0.001	<0.01

Es una muestra de mano de roca volcánica porfirítica, fuertemente alterada, color gris pálido, alojando a una veta de ca. 2 cm de ancho de sulfuros masivos color café. También existe una red de vetillas filiformes de material sulfuroso café, que además contiene pirita diseminada de grano fino.

7.2 Trabajo realizado

Se prepararon dos secciones pulidas para la investigación petrográfica de la roca y el análisis de microsonda electrónica (EMPA) de los minerales de mena. La sección 78E/1 presenta a la veta inmediatamente adyacente a la roca hospedante (*wallrock*). El análisis óptico en luz transmitida y reflejada fue llevado a cabo usando el Fotomicroscopio Universal Zeiss, y el EMPA con la microsonda Microscan V – Cambridge Instruments en BGS-Keyworth usando el equipo de rayos-X de energía dispersiva (LINK). Las áreas de la sección para EMPA fueron marcadas con tinta opaca y fotografiadas en film de transparencia de color (*colour transparency film*) de 35 mm.

Las 15 microfotografías son las siguientes:

- **PTS 78E/2**

1	área (g) ×20 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de galena y calcopirita.
2	área (f) ×20 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de galena y pirita.
3	área (e) ×20 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de calcopirita y galena.
4	área (d) ×20 luz reflejada	-	pirita sin inclusiones.
5	área (a) ×20 luz reflejada	-	esfalerita (+calcopirita) frente a galena.
6	área (c) ×20 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de cuarzo, pirita y galena

- **PTS 78E/1**

7	área (e) ×10 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de pirita y galena.
8	área (d) ×10 luz transmitida	-	roca hospedante (*wallrock*) alterada cortada por una fractura oquerosa que contiene cuarzo, pirita y sulfatos-Cu-Pb (ver EMPA Tabla 4).
9	área (d) ×10 luz reflejada	-	como en la foto 8, pero aquí en luz reflejada.
10	área (c) ×10 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de galena y otras.
11	área (b) ×10 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de galena y otras.
12	área (a) ×20 luz reflejada	-	esfalerita con inclusiones de galena.
13	cerca del área (a) ×5 luz reflejada	-	esfalerita masiva con inclusiones de galena, pasando a la "vetilla" central de esfalerita + cuarzo + sericita.
14	cerca del área (a) ×5 luz transmitida	-	mismo campo que la foto 13.
15	cerca del área (a) ×5 luz transmitida	-	(nícoles cruzados) mismo campo que la foto 13.

7.3 Petrografía

La veta de sulfuros contiene esfalerita masiva encerrando a una zona central tardía en donde la esfalerita está finamente intercrecida con el cuarzo y la sericita. En esta sección gran parte de la esfalerita es de color café pálido, pero existe también una variedad de rojo oscuro en las zonas marginales adyacentes a la roca hospedante (*wallrock*), en los márgenes adyacentes a la zona central de la veta, en intercrecimientos con el cuarzo-etc., dentro de la zona central y, en zonas desarrolladas alrededor de fracturas que cortan las masivas áreas de esfalerita pálida. La variedad pálida no tiene inclusiones, pero la variedad oscura es rica en diminutas inclusiones de calcopirita, pirita y galena.

La roca hospedante (*wallrock*) es dominantemente un pórfido dacítico con plagioclasa. Los fenocristales de feldespato tienen zonas fino-granulares alteradas a sericita, éstas aparecen blancas en la muestra de mano; la matriz a cuarzo, sericita y pirita finamente intercrecidos. El feldespato potásico también estaría presente en la matriz, pero esto no se confirmó. Los constituyentes menores incluyen rutilo y apatito. Dentro de ca. 5 mm de la veta de esfalerita masiva, la roca hospedante (*wallrock*) está alterada a un material dominantemente cuarzoso de color gris pálido.

La red de vetillas filiformes está compuesta por tempranas vetillas de cuarzo cortadas por tardías vetillas con mayor abundancia de cuarzo-sulfuros. Éstas últimas contienen esfalerita color rojo oscuro y pirita. Esta esfalerita encierra diminutas inclusiones de pirita, calcopirita y galena. Una vetilla muy cerca del margen de la veta principal (ver foto 8) es distinta en el sentido de que es oquerosa, contiene prismas euhedrales de cuarzo y cristales de pirita parcialmente rodeados por un material opaco que bajo luz reflejada parece tener una reflectividad muy baja y estar deslustrado. (Los resultados del EMPA en la Tabla 4 sugieren que es un sulfato de Cu-Pb).

Es evidente que la muestra representa a un pórfido dacítico que ha experimentado alteración hidrotermal fílica relacionada a un intenso fracturamiento que aloja mineralización. Se puede reconocer dos etapas de mineralización. La temprana consiste en la deposición de veta(s) de esfalerita café pálida en las fracturas. La tardía consiste en la deposición de esfalerita color rojo oscuro con inclusiones de calcopirita, pirita y galena. Esto ocurrió en una red de vetillas filiformes e, intercrecimientos de cuarzo y sericita, en una zona central formada dentro de las vetas tempranas de esfalerita pálida masiva. La esfalerita roja oscura, con sus acompañantes inclusiones minerales, también se formaron en esta etapa por el remplazamiento de la esfalerita más temprana.

7.4 Resultados del análisis de microsonda electrónica (EMPA)

En varias partes de ambas secciones se realizó el análisis cuantitativo de esfalerita y galena. Análisis adicionales confirmaron las identidades de la pirita y calcopirita, y determinaron la composición de la mica-blanca sericítica formada por el remplazamiento de los fenocristales de feldespato. Los resultados cuantitativos se presentan en las Tablas 1 a 10, cada una se refiere a un área específica de la sección delgada (e.g. 78E/1-(A) se refiere al área A en la sección delgada 78E/1). Los porcentajes en peso (wt%) son generalmente aceptables, aunque en el caso de la galena, los valores serían el resultado de la infrecuente recalibración del estándar de plomo. Por esta razón, es mejor considerar el contenido calculado de Ag como aproximadamente correcto, en lugar de normalizar los análisis de galena al 100%.

En la sección delgada 78E/1, las áreas A y B son esfalerita con inclusiones de galena y otras en el margen de la zona central de la veta de esfalerita, el área C está en el margen externo de la veta, D es la vetilla oquerosa con posible sulfato de Cu-Pb (arriba referida), y E es parte de una vetilla con esfalerita casi 1 cm separada del margen de la veta principal de esfalerita. En la sección delgada 78E/2, las áreas A, B y C contienen parches milimétricos de esfalerita, galena y pirita en la intersección de las vetillas, D es un pórfido hospedante con granos de pirita, y las áreas restantes E, F y G son vetillas con esfalerita.

Los resultados indican que la plata se encuentra como constituyente menor de la galena (galena argentífera con hasta 3.8% Ag), y que las inclusiones de galena de la esfalerita en vetillas alejadas de la veta principal tienen un contenido notablemente más bajo de plata que aquellas dentro de la veta principal.

La esfalerita que aloja estas inclusiones de galena (etc.) argentífera es rica en hierro y manganeso (concentraciones máximas medidas: 11.74% Fe y 3.76% Mn), mientras que la variedad de esfalerita pálida sin inclusiones posee contenidos bajos de estos elementos (típicamente Fe ca. 2% y Mn bajo el límite de detección de casi 0.3%). El cadmio alcanza 0.57% en una esfalerita rica en hierro en el área A de la veta principal.

Cinco análisis de sericita confirmaron su identidad como mica-blanca potásica.

7.5 Discusión

El modo en el que se presenta la plata indica su introducción durante la formación de la esfalerita rica en hierro, en la etapa más tardía de mineralización. No se identificó algún mineral de plata en específico, y la mineralización tiene un carácter mesotermal en lugar de epitermal, como se ve en esta muestra.

La variación en la concentración de Ag en la galena dentro de la veta principal y en las vetillas de la roca hospedante sugiere que la veta principal representa una concentración específica de plata sobre el promedio de 37 g/t (i.e. ppm) para la roca como un todo. No se obtuvo evidencia de la forma de ocurrencia del oro, aunque es probable su presencia como un constituyente menor de uno o más minerales de mena.

Neil Fortey
09 de febrero de 1989

APÉNDICE 5

Petrografía de algunas rocas graníticas y un conjunto de rocas alteradas principalmente volcánicas de la Cordillera Real, Ecuador

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

TECHNICAL REPORT WG/89/9R

Mineralogy and Petrology Series

REPORTE TÉCNICO WG/89/9R

Petrografía de algunas rocas graníticas y un conjunto de rocas alteradas principalmente volcánicas de la Cordillera Real, Ecuador

por

J. Dangerfield

Índice Geográfico
Ecuador, Cordillera Real

Índice temático
Granito, rocas volcánicas

La producción de este informe fue financiada por ODA (Overseas Development Administration) como parte de su programa de cooperación técnica

Referencia bibliográfica
Dangerfield J. (1989) Petrography of some granitic rocks and a suite of mainly volcanic altered rocks from the Cordillera Real, Ecuador [Petrografía de algunas rocas graníticas y un conjunto de rocas alteradas principalmente volcánicas de la Cordillera Real, Ecuador].
British Geological Survey. Technical Report WG/89/9R
Traducción al español por Stalyn Paucar (2021).

 London, British Geological Survey 1989

Petrografía de algunas rocas graníticas y un conjunto de rocas alteradas principalmente volcánicas de la Cordillera Real, Ecuador

1. Introducción

Nueve muestras de granitos y granodioritas y, nueve muestras de rocas volcánicas alteradas fueron enviadas por el Dr. M. C. G. Clarke.

Se presentan descripciones individuales de las rocas graníticas junto con una tabla de análisis modal de muestras seleccionadas. Le sigue una corta discusión de los tipos de granito presentes.

También se describe al conjunto de rocas alteradas y cuando sea posible se asigna el nombre de la roca. Los estilos de alteración son brevemente discutidos

2. Descripciones de las rocas graníticas.

- **CR-MC-11**

Un granito de grano medio color gris que ha experimentado algo de deformación cataclástica.

El cuarzo se presenta como cristales anhedrales deformados y en mosaicos de grano más fino entrelazados. El feldespato es principalmente ortoclasa-micropertita de forma anhedral a subhedral. En varias áreas el cuarzo y la ortoclasa forman intercrecimientos micrográficos. Menos de un tercio del feldespato es plagioclasa en el rango de albita. Todos los cristales están por lo menos parcialmente sericitizados, pero sólo unos pocos tienen alteración a zoisita. Toda la mica en la roca es moscovita y gran parte de este mineral se presenta como pequeñas hojuelas elongadas. Dos largas láminas del mineral exhiben unas manchas cafés y bien pudieron haber remplazado a la biotita.

La mayoría de la textura original granular hipidiomórfica permanece intacta, pero la deformación ha desarrollado una débil foliación definida por los mosaicos de cuarzo y las discontinuas, ondulosas láminas de moscovita. Otros rasgos cataclásticos vistos como adyacentes a las láminas de mica, corresponden a cristales de plagioclasa fracturados y distorsiones de la textura micrográfica, y, asociadas con las láminas, zonas elongadas de granos de cuarzo. Sin embargo, por gran parte de su longitud, las láminas siguen los bordes de los granos en lugar de cortar los grandes cristales de cuarzo y feldespato.

Como se indicó arriba algo de la moscovita está reemplazando a la biotita, y lo restante está confinado a láminas asociadas con cuarzo recristalizado. Por tanto, parece probable que toda la moscovita se originó desde dentro del granito, las láminas micáceas se formaron por la destrucción de la matriz feldespática.

- **CR-MC-31**

Es una granodiorita de grano fino que ha experimentado la etapa más temprana de deformación cataclástica. Es una roca de color gris pálido en la que en muestra de mano se observa un grado de foliación.

El cuarzo está por toda la roca como cristales anhedrales entrelazados de 0.2-0.6 mm de diámetro, comúnmente en mosaicos elongados, o como agregados fino-granulares asociados con láminas micáceas.

El principal feldespato es una plagioclasa anhedral, zonada, en el rango de oligoclasa-andesina. El tamaño de los cristales es de 1-1.5 mm de longitud con pocos de 3 mm. Casi toda la plagioclasa está fresca. Sólo en pocos casos las zonas centrales de los cristales están sericitizadas o caolinizadas con un raro desarrollo de epidota.

La biotita verde pardusco a café predomina sobre la moscovita. La biotita se presenta como hojuelas individuales por toda la roca, pero la gran parte se encuentra como agregados en parches o láminas discontinuas donde comúnmente es reemplazada por moscovita, epidota y zoisita. Existe un poco de apatito como inclusiones en la biotita y disperso en la matriz de la roca. El granate fue otro mineral accesorio observado.

Esencialmente, la textura de la roca aún es granular hipidiomórfica, pero con el desarrollo de una débil foliación. Las láminas son ondulosas y generalmente siguen los bordes de los granos. En algunos lugares, *trenes* y pequeñas zonas elongadas de cuarzo granular están asociados con las láminas micáceas, y ayudan a definir la foliación.

- **CR-MC-50A**

Es un granito de grano fino a medio. En la muestra de mano se observa un cambio abrupto en el tamaño de grano, que no es tan obvio en la sección delgada.

El cuarzo es anhedral y distribuidos regularmente por toda la roca. Muchos de los cristales más grandes, que alcanzan los 2 mm, están deformados, pero la mayoría de cuarzo está presente en áreas de cristales entrelazados de 0.2-0.8 mm de diámetro.

Es raro el feldespato potásico. La plagioclasa está considerablemente alterada, parece que toda es albita. Los cristales son anhedrales a subhedrales con una gran variedad de tamaños desde 0.6 a 2 mm. Los productos de alteración de la plagioclasa son sericita, agujas de actinolita y zoisita. La sericita y actinolita están presentes en casi todos los cristales, aunque uno u otro predomine en ciertos casos. Casi la mitad de los cristales de plagioclasa alterada contienen algo de zoisita, pero en pocos casos este mineral es más abundante y tiende a ubicarse en el centro del cristal, asociado con actinolita en lugar de sericita. Estas diferencias en los productos de alteración indicarían que al menos algo de la plagioclasa fue originalmente más cálcica que sódica y que quizá estuvo zonada.

La biotita es abundante, color café, pleocroica y generalmente no alterada, pero algunos cristales tienen un pequeño remplazamiento de zoisita, epidota o clorita. En contraste pocos cristales de biotita han sido notablemente alterados a clorita y, algunos agregados de clorita, zoisita y epidota quizá también se formaron a partir de la biotita.

El apatito fue el único mineral accesorio observado. Por lo general está asociado con, o se encuentra como inclusiones dentro de, la biotita o agregados de biotita

Además de una inusual flexión en el clivaje de la biotita y alguna desfiguración en el cuarzo, la roca no tiene rastro de deformación. La textura granular hipidiomórfica de la roca está mayormente intacta.

- **CR-MC-50C**

Un granito de grano medio a grueso que ha experimentado deformación cataclástica y un subsecuente vetilleo por turmalina. La muestra de mano tiene una tosca, muy irregular foliación definida por bandas discontinuas de biotita y feldespatos y, bandas más regulares de cuarzo. Las vetas de turmalina cortan estas bandas tanto de forma oblicua como perpendicular, por tanto, son posteriores a la deformación. En la sección delgada se presentan pocos cristales grandes de cuarzo (2.5-3 mm). Gran parte del mineral ha sido recristalizado en un mosaico entrelazado de cristales más pequeños.

El feldespato es principalmente plagioclasa en el rango de albita. La mayoría del mineral está muy alterado, pero algunos cristales permanecen relativamente frescos. El principal producto de alteración es la sericita, aunque cierto material fino-granular podría estar compuesto por minerales de arcilla.

Pequeños restos de biotita original han sido remplazados por agregados de una nueva biotita fino-granular, óxidos de hierro opacos, zoisita, moscovita y cuarzo.

Están presentes algunos granates subhedrales, la mayoría juntos en una línea curvada.

Una veta de cuarzo-turmalina de grano fino corta la roca. Asociada a ésta existen clústers de cristales más grandes de turmalina, pero estos no han invadido el cuerpo de la roca y no se encuentra alguno más allá de unos pocos milímetros desde la veta.

- **CR-MC-52A**

Es una roca de cuarzo-moscovita-feldespato con clorita, turmalina, óxidos de hierro opacos y un poco de biotita. Además de los pocos cristales grandes de cuarzo, que han sido deformados, todo el cuarzo ha recristalizado en una matriz entrelazada durante la deformación cataclástica. El feldespato principal es la plagioclasa en el rango de oligoclasa, y puede estar desde casi fresca hasta notablemente sericitizada. Se presenta como cristales individuales y en clústers con feldespato potásico.

La moscovita está presente en grandes láminas, rayada o espolvoreada con óxidos de hierro opacos, en cuyo caso probablemente estaría remplazando a la biotita. En segundo lugar, ocurre como agregados de pequeños cristales y puede estar intercrecida con clorita. En algunas partes estos agregados son de grano muy fino y quizás son en su mayoría remplazamientos del feldespato. En tercer lugar, la moscovita está esparcida por todo el mosaico de cuarzo como cristales individuales o pequeños clústers.

Existe biotita como inusuales láminas grandes y pequeñas hojuelas asociadas con la moscovita.

La mayoría de la turmalina se formó en dos grandes agregados, pero raros pequeños cristales y clústers de pequeños cristales están presentes en todas partes de la muestra. El óxido de hierro opaco está distribuido por toda la roca en pequeños granos, pero particularmente se concentra con los agregados de moscovita-clorita.

La roca tiene una notable textura esquistosa, la textura granítica original ha sido virtualmente destruida. La alta proporción de moscovita, casi el 40%, sugiere que la roca fue greisenizada antes de la deformación cataclástica. Debido a que la turmalina no está deformada ni alterada, probablemente fue introducida después de la deformación.

- **CR-MC-72**

Es una granodiorita de grano medio con hornblenda-augita. El cuarzo es anhedral y se encuentra principalmente en los intersticios. El principal feldespato es la plagioclasa, que se presenta como cristales subhedrales zonados y maclados y, en el rango de andesina. La mayoría de cristales están muy alterados a caolinita y sericita, pero en contraste pocos cristales están ligeramente afectados. El feldespato potásico es una ortoclasa subhedral.

El principal ferromagnesiano es un piroxeno de incoloro a pálido verde que probablemente es augita y no diópsido. También existe hornblenda pleocroica de verde amarillo pálido a verde amarillo, en algunos lugares con una leve alteración a carbonato que quizás es siderita. Existe biotita como hojuelas rasgadas que están alteradas, especialmente a lo largo del clivaje, a clorita, epidota y moscovita.

Los minerales accesorios son apatito y óxidos de hierro opacos. Los últimos están dispersos por toda la roca, pero están asociados en particular con, e incluidos en, la hornblenda, el piroxeno y la biotita. Sólo un poco de apatito está presente y se encuentra como raras inclusiones en la biotita.

- **CR-MC-80**

Es un granito que ha sido un poco deformado cataclásticamente. La muestra de mano presenta dos texturas, un granito de grano medio y un desarrollo pegmatítico. En la sección delgada se observa algo de granulación alrededor de los márgenes de los cristales más grandes y esto está asociado con láminas discontinuas, ondulosas de moscovita. La mayoría de cristales más grandes de cuarzo tienen alguna deformación y la matriz de cuarzo ha sido recristalizada en un mosaico entrelazado.

En el desarrollo pegmatítico el feldespato potásico es ortoclasa-micropertita, pero en otras partes sólo es ortoclasa. La plagioclasa se presenta como oligoclasa zonada y no zonada. Pocos cristales están frescos y los restantes ligeramente sericitizados.

Existe biotita como láminas color café oscuro, fuertemente pleocroicas y, con inclusiones de halos radioactivos. La mayoría del mineral está fresco, la pequeña cantidad de alteración es clorita y moscovita. La biotita se encuentra por toda la matriz y está asociada con la mayoría de la moscovita en las láminas discontinuas que envuelven a los cristales más grandes de cuarzo y feldespato.

Se encuentra circón y apatito como minerales accesorios.

- **CR-MC-82**

Es una granodiorita de grano medio, color gris oscuro, con hornblenda-biotita. En la sección delgada la roca está perfectamente fresca.

El cuarzo es anhedral y desformado. El feldespato potásico es ortoclasa.

La plagioclasa está muy fresca y se presenta como cristales subhedrales a euhedrales. Muchos de estos están zonados y se encuentran en el rango de andesina-labradorita.

Existe biotita fresca, color café, anhedral, inusualmente verde en los bordes de los cristales. Son comunes las inclusiones de apatito y óxidos de hierro opacos y, un cristal de biotita tiene poca alteración marginal a epidota. La hornblenda está presente como cristales frescos subhedrales a euhedrales, con pleocroísmo de verde amarillento pálido a verde oscuro. Tiene inclusiones de óxidos de hierro opacos y apatito, pocos cristales están parcialmente alterados a clorita.

Los accesorios incluyen apatito, óxidos de hierro opacos, esfena, circón y epidota. El apatito se encuentra en la matriz y, como inclusiones en, o asociado con, minerales ferromagnesianos. Hay óxidos de hierro opacos como inclusiones de los minerales ferromagnesianos, asociados con esfena y, excepcionalmente, dispersos en la matriz félsica. La esfena se encuentra en tres pequeños clústers. La textura de la roca es granular hipidiomórfica.

- **CR-MC-93**

Un granito gris, de grano grueso, altamente silíceo con un contenido de SiO_2, calculado del análisis modal, de alrededor de 85%.

El cuarzo es por mucho el mineral más abundante. Está presente principalmente como grandes cristales con algo de deformación, pero también en mosaicos fino-granulares que ocupan regiones intersticiales de la roca.

Casi toda la plagioclasa es albita. El mineral está notablemente alterado a sericita y en muchas áreas de la plagioclasa existe un considerable desarrollo de zoisita. Además, están presentes agujas de actinolita como un remplazamiento moteado en algunos cristales.

En contraste con la plagioclasa, el feldespato potásico, una ortoclasa-pertita, está muy fresco.

La biotita esencialmente está fresca, sólo con un poco de alteración a moscovita a lo largo del clivaje y, en ciertos casos, algo de remplazamiento marginal de zoisita. La moscovita está presente como un producto de alteración de la biotita y dispersa en toda la matriz.

El apatito y los óxidos de hierro opacos se encuentran como inclusiones dentro de la biotita. Hay granate en varios clústers de cristales pequeños casi todos asociados con la biotita. Es posible que estas pequeñas áreas representen xenolitos digeridos.

3. Análisis modal de las rocas graníticas

El análisis modal fue llevado a cabo en secciones delgadas de siete especímenes, como se indica en cada caso fueron contados 1000 o 2000 puntos. Los resultados son los siguientes:

Muestra No.	11	31	50A	72	80	82	93
Cuarzo	42.8	47.0	33.0	14.3	38.9	28.4	64.6
Feldespato-K	43.6	1.8	45.6	9.0	38.5	3.0	5.7
Plagioclasa	6.2	36.1		61.3	16.4	50.7	18.2
Moscovita	7.4	3.7	0.2	0.3	3.8	-	2.5
Biotita	tr	9.3	14.8	2.9	2.4	9.0	8.7
Hornblenda	-	-	-	2.2	-	8.6	-
Piroxeno	-	-	-	6.4	-	-	-
Clorita	-	-	2.7	-	tr	tr	-
Epidota	-	1.5	1.2	-	-	tr	-
Zoisita	-	0.5	2.4	-	-	-	0.1
Apatito	-	tr	0.1	tr	-	tr	tr
Granate	-	0.1	-	-	-	-	0.2
Esfena	-	-	-	-	-	tr	tr
Óxido opaco	tr	-	tr	3.7	-	0.4	tr
TOTAL	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.1**	**100.0**	**100.1**	**100.0**
No. de puntos	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000

tr. (traza) indica que el mineral fue visto en la sección, pero no contado.

4. Discusión de los tipos de granito

A juzgar por el criterio mineralógico establecido en Chappell y White (1974), siete de las muestras (11, 31, 50A, 50C, 52A, 80 y 93) son clasificadas como granitos tipo-'S' por las siguientes razones.

(1) La hornblenda no está presente en ninguno de estos especímenes.

(2) La biotita es muy abundante en tres muestras (31, 50A y 93) y probablemente ha sido remplazada por moscovita en otras (11, 50C, 52A y 80).

(3) El granate está presente en tres muestras (31, 50C y 93).

(4) Existe apatito en la matriz de 31 y 80, aunque también está presente como inclusiones en la biotita de 31, 50A y 93.

Sólo dos especímenes (72 y 82) son designados como granitos tipo-'I'. Estos tienen las siguientes características.

(1) La hornblenda está presente en ambos.

(2) La moscovita es muy inusual en uno y ausente en el otro.

(3) El contenido de biotita es bajo en 72 y aunque muy abundante en 82, esto no necesariamente descarta que la roca sea de tipo-I.

(4) En 82 las inclusiones de apatito son comunes en la hornblenda y biotita. La poca cantidad presente en 72 se encuentra también como inclusiones en la biotita.

5. Descripción de las rocas alteradas

- **CR-MC-6A**

En muestra de mano esta roca parece estar notablemente caolinizada y, está atravesada por una red de vetas de turmalina azul-verde.

La sección delgada presenta a la roca como un pórfido de cuarzo en el que los fenocristales y microfenocristales de cuarzo anhedral a subhedral se encuentran en una matriz fino-granular (0.04 mm) de cuarzo, feldespato caolinizado, gavillas de hojuelas de sericita y clústeres dispersos de turmalina verde.

La turmalinización se expandió desde la red de vetas y, además de los clústers dispersos arriba referidos, ha invadido y parcialmente remplazado a grandes parches irregulares de la matriz. El mineral tiene pleocroísmo desde casi incoloro hasta verde-medio, y gran parte es fino-granular, pero algunos cristales grandes (ca. 0.3 mm de longitud) se presentan como gavillas radiales. La roca es un pórfido de cuarzo caolinizado y turmalinizado.

- **CR-MC-18**

Una roca verde brillante, atravesada por vetas de cuarzo que ahora consisten principalmente de epidota y un poco de cuarzo. Sin embargo, hay pocas pistas de la constitución original de la roca, y éstas son en su mayoría de naturaleza textural.

En varias áreas de la sección se puede ver enjambres de listones subparalelos epidotizados. Los listones varían su longitud entre 0.2 a 0.4 mm y podrían ser pseudomorfos después de la matriz de plagioclasa. En las mismas áreas existen parches ovoides que podrían ser amígdalas. Evidentes fenocristales en la roca original han conservado los bordes definidos del cristal y han sido remplazados por epidota de grano más grueso que aquella que ha pseudomorfizado a la matriz. La epidota de la matriz contiene óxidos de hierro opacos polvorientos, mientras que las áreas de fenocristales están relativamente libres y claras. En pocos lugares se observa los restos de un clivaje paralelo a la longitud del cristal. Aunque los bordes de los fenocristales son definidos, es difícil decir a que pseudomorfo en particular representan. Es probable que tanto el feldespato como los minerales ferromagnesianos estuviesen presentes y, si la matriz consistía en listones de plagioclasa, amígdalas y material rico en hierro, entonces parecería probable que la roca fuese un basalto. Por tanto, los fenocristales podrían haber sido plagioclasas o, plagioclasa y piroxeno-sin hierro; los piroxenos ricos en hierro estarían en la matriz.

Algunas áreas de la roca no contienen los listones. Es posible que la epidotización haya destruido la textura fino-granular en algunas áreas o que estas regiones representen pequeños xenolitos de una roca básica de un grano ligeramente más grueso. Se sugiere de forma tentativa que la muestra es un basalto porfirítico amigdaloide epidotizado.

- **CR-MC-19B**

Es una roca porfirítica fino-granular de color azul-gris, los fenocristales de feldespato alcanzan longitudes de 7 mm. La sección delgada presenta fenocristales de plagioclasa mayormente no-alterada y fenocristales-microfenocristales de hornblenda muy alterada, con microfenocristales de ilmenita, en una matriz felsítica criptocristalina.

Los fenocristales de plagioclasa están zonados y maclados y, composicionalmente tiene un rango de andesita hasta labradorita. Pocos cristales no están alterados y en muchos otros la alteración está restringida al desarrollo de carbonato alrededor de sus márgenes y a lo largo de los restos de clivaje. En ciertos casos existe una notable alteración a carbonato, clorita y caolinita.

En toda la roca existen pseudomorfos euhedrales de hornblenda. Todos los cristales están bordeados por óxidos de hierro opacos debido a la corrosión magmática. Los bordes originalmente fueron magnetita, ahora parcialmente alterada a pirita. Las partes restantes de las hornblendas ahora están compuestas de clorita y carbonato. Por lo general la clorita predomina en los fenocristales más grandes mientras que el carbonato ocupa los microfenocristales. La mayoría de la clorita es penninita y quizá el carbonato sea calcita.

Gran parte de la matriz no puede ser analizada, pero ésta incluye carbonato, óxidos de hierro opacos y, un poco de hematita y clorita. La presente roca es una andesita porfirítica hornbléndica cloritizada y carbonatada.

- **CR-MC-19C**

En muestra de mano es una roca blanca sacaroidea, impregnada con pirita, compuesta por fragmentos subangulares. La sección indica que se trata de orto- y meta-cuarcitas y un pórfido de cuarzo. La roca ha sido parcialmente silicificada y mineralizada, con pirita, hematita, yeso, y un mineral fibroso color café no identificado.

La sílice calcedónica ha rellenado a las cavidades irregulares y elongadas entre los fragmentos de cuarcita, y los otros minerales, en parte, ocupan lugares similares. Grandes cristales de pirita y diminutas hojuelas de hematita están dispersos por toda la roca. Por lo general el yeso y el mineral fibroso están intercrecidos y en algunos casos asociados con pirita. Existe yeso en varias zonas dentro de los fragmentos de cuarcita.

La roca puede ser una brecha o una roca piroclástica que ha sido mineralizada.

- **CR-MC-27C**

Una roca ígnea de grano medio a grueso, con una similar cantidad de félsicos y máficos, que consiste esencialmente de plagioclasa y hornblenda.

La plagioclasa está muy alterada a actinolita fibrosa, zoisita y algo de sericita, las porciones discernibles de cristales restantes tienen composición de andesina. La alteración está completa en muchos casos, y en la mayoría de los otros cristales solo los márgenes se han salvado.

Existe hornblenda por toda la roca, pero principalmente en agregados glomeroporfídicos. En gran parte es la variedad “basáltica” color café o café amarillento, pero también hay una variedad color verde pálido, el cambio de color por lo general ocurre dentro de los cristales. En algunos lugares la hornblenda ha sido remplazada por epidota y cloritoide. Aunque la plagioclasa y hornblenda componen la mayoría de la roca, también están presentes otros minerales en cantidades importantes. El cuarzo conforma alrededor del 5% de la roca, pero se encuentra en intersticios y por tanto quizás es secundario. Otro mineral con un buen porcentaje es el cloritoide, se encuentra en clústers de cristales con orientación aleatoria y en agregados elongados de cristales subparalelos en forma de espada. Gran parte de este mineral está presente intersticialmente, pero en algunas áreas es claro que remplaza tanto a la plagioclasa como a la hornblenda, y en estos casos estaría intercrecido con zoisita o epidota.

Algunos cristales de hornblenda presentan un pequeño remplazamiento por un carbonato color café (posiblemente siderita) y hematita o limonita.

La roca es una diorita hornbléndica alterada.

- **CR-MC-29**

La muestra de mano es una roca fino-granular color verde brillante, atravesada por vetas de cuarzo. En una zona, la roca también está cortada por vetas de clorita, y en la sección delgada la clorita puede ser vista intercrecida con cuarzo de veta y en el margen de las vetas de cuarzo. Las vetas de cuarzo probablemente son de dos generaciones. La temprana consiste en granos grandes, deformados, con fragmentos de la “roca hospedante”; la tardía en un mosaico entrelazado de cristales, presente como parches y vetillas.

La roca parece estar conformada por un agregado de fragmentos de grano fino y grueso compuesto principalmente de epidota y cuarzo. Se puede reconocer tres tipos:

(1) Una roca fino-granular con más del 90% de epidota con cuarzo confinado a pequeños parches.

(2) Una roca fino-granular con epidota y cuarzo en proporciones similares, pero distribuidas de forma desigual, cada mineral tiende a formar clústers y parches continuos. Existe un poco de penninita. Los escasos cristales elongados de epidota serían pseudomorfos después de feldespato.

(3) Una roca de grano más grueso con casi el 80% de epidota, con cuarzo que forma agregados dispersos. Este fragmento también contiene muy poco de penninita intersticial. Tanto el cuarzo como la epidota tienen inclusiones de pequeñas agujas color verde pálido que probablemente es actinolita. Algunos cristales de epidota tienen forma de listón y serían pseudomorfos después de plagioclasa.

Debido a la extensa epidotización parece probable que los fragmentos originalmente fueron rocas ígneas fino-granulares de composición básica o intermedia. Si se omite la naturaleza fragmentaria de la roca, ésta podría ser una epidosita.

- **CR-MC-46C**

Una roca cataclásticamente deformada que ha sido epidotizada y veteada con cuarzo y calcita. Ésta presenta muy poca pirita en cristales y agregados dispersos. El vetilleo de carbonato es posterior al vetilleo de cuarzo, éste último corta por las áreas epidotizadas. Debido a que la epidota es granular y no está deformada, la epidotización ocurrió después de la deformación cataclástica de la roca original. Es difícil identificar esta muestra puesto que sólo se conserva el cuarzo, pero probablemente es una roca ígnea ácida de grano medio a grueso, aunque no existe algún resto de textura ígnea.

La penninita está presente en parches irregulares e intercrecida con algunas áreas de epidota, y en algunas zonas un poco de calcita ha sido depositada intersticialmente. Una etapa tardía de cuarzo euhedral, asociada con penninita, ha ocupado las cavidades.

Probablemente se trata de una epidosita.

- **CR-MC-60B**

Es una roca porfirítica gris de grano fino, con pirita y hematita depositadas a lo largo de las superficies de fractura. La sección delgada revela una abundancia de fenocristales-microfenocristales de plagioclasa y minerales ferromagnesianos en una matriz felsítica criptocristalina. La roca está atravesada por impersistentes vetas de hematita.

La plagioclasa tiene un aspecto turbio y está notablemente alterada a caolinita y sericita. En algunos cristales el maclado y la zonación composicional aún pueden ser vistos, demuestran un rango de composición de andesina-labradorita.

El mineral ferromagnesiano principal es el anfíbol, determinado por la presencia de algunas secciones basales, ahora mayormente cloritizado, y conteniendo ampollas e hilos de óxidos de hierro opacos. Gran parte se encuentra como microfenocristales.

El piroxeno está algo menos alterado que el anfíbol, pero en muchos casos está parcialmente remplazado por óxidos de hierro. Es incoloro a verde muy pálido, probablemente es diópsido.

Pocos fenocristales ahora remplazados por bandas ondulosas alternantes de clorita y óxidos de hierro opacos podrían haber sido biotita.

El mineral opaco original, disperso irregularmente por toda la roca en microfenocristales, es magnetita ahora parcialmente piritizada. La mayoría del óxido opaco que remplaza a los minerales ferromagnesianos también es pirita, pero incluso está presente ilmenita alterándose a leucoxeno.

La roca es una andesita alterada con piroxeno-hornblenda.

- **CR-MC-74**

En muestra de mano es una roca blanca con limonita dispersa en puntos y a lo largo de fracturas. Compuesta por fenocristales de cuarzo, pocos feldespatos notablemente alterados y micas rasgadas, en una matriz esferulítica criptocristalina.

Los fenocristales de cuarzo son euhedrales y no están deformados, pero están un poco corroídos y por lo general contienen inclusiones del material de la matriz.

La pequeña cantidad de plagioclasa fenocristalina está presente como cristales individuales o como agregados, en donde parte de los bordes aún se distinguen, pero las otras características han sido destruidas. La alteración del feldespato a caolinita y un poco de sericita está completa. La distribución del feldespato se ve mejor en la muestra de mano. La mica quizá en un principio fue biotita debido a su alteración a óxidos de hierro opacos y la asociación con manchas cafés, pero gran parte de lo último visto en muestra de mano probablemente sea el resultado de la meteorización.

La matriz, compuesta en esencia por feldespato caolinizado, se caracteriza por esferulitas y grietas subparalelas ondulosas y elongadas (ahora rellenas con un óxido de hierro café) que podrían ser líneas de flujo. En toda la matriz son comunes los granos polvorientos de óxido de hierro.

6. Discusión de los estilos de alteración

Sugerencias acerca de los tipos de roca originales han sido realizadas al final de cada descripción general de las rocas alteradas. En tres especímenes la epidotización es tan notable que es imposible estar seguro del tipo de roca original. Sin embargo, se ha indicado un nombre para las otras muestras de las que se tiene más confianza. Con la excepción de 27C y posiblemente 46C, todas las rocas quizás sean lavas.

El grupo de nueve especímenes contienen no menos de catorce minerales de alteración o remplazamiento, aunque no todos hacen una contribución mayor a los estilos de alteración y ocho se presentan sólo una vez en el conjunto de rocas.

La epidotización (principal alteración) es consecuencia de la caolinización, o de la cloritización, o de una combinación de ambas. La turmalinización, sericitización y el desarrollo de carbonato tienen roles menores. Ahora, se presenta un resumen de los principales estilos de alteración:

6A	Caolinización y turmalinización	de un pórfido de cuarzo
18	Epidotización	de un basalto?
19B	Cloritización y carbonatización	de una andesita
19C	[ver abajo]	
27C	Saussuritización – epidotización	de una diorita
29	Epidotización y cloritización	de ¿?
46C	Epidotización y cloritización	de ¿?
60B	Epidotización y cloritización	de una andesita
74	Caolinización	de un pórfido de cuarzo

La alteración de 19C es diferente de aquella que afecta a los otros especímenes. La combinación de yeso, pirita, hematita y sílice calcedónica indica la modificación por actividad fumarólica, en este caso el relleno de vacíos en una brecha o toba.

Es interesante la presencia de cloritoide como un mineral de remplazamiento en el espécimen 27C. Normalmente el mineral se encuentra en esquistos de grado bajo a medio que tienen un contenido de alúmina relativamente alto, pero también se ha reportado de aureolas de contacto y de rocas hidrotermalmente alteradas (Halferdahl, 1961). De particular interés son las asociaciones con depósitos auríferos de Kalgoorlie (Simpson y Gibson, 1912) y de Rand (Read, 1951).

De forma rigurosa, la propilitización sólo aplica a la alteración de andesitas y dacitas cuyos feldespatos y minerales ferromagnesianos han sido remplazados principalmente por epidota, clorita y calcita, debido a la acción de soluciones acuosas ricas en dióxido de carbono. En este conjunto de rocas el término sólo puede ser usado para describir la alteración experimentada por el espécimen 19B, aunque también podría aplicarse a 18, 19 y 46C si estos especímenes se considerasen originalmente como andesitas. En la mayoría de casos la propilitización está atribuida a soluciones deutéricas, pero en otros casos parece ser consecuencia de la introducción de soluciones similares de fuentes ajenas dentro de andesitas ya sólidas. Las rocas propilitizadas se encuentran cerca de los cuerpos de mena, pero las relaciones no serían genéticas (Williams, Turner y Gilbert, 1958, p.96).

7. Referencias

CHAPPELL B. W. and WHITE A. J. R. (1974) Two contrasting granite types. Pacific Geology, Vol. 8, pp. 173-174.

HALFERDAHL L.B. (1961) Chloritoid: its composition, X-ray and optical properties, stability and occurrence. Jnl. Petrol., Vol. 2, pp. 49-135.

READ H. H. (1951) Metamorphism and granitisation. Trans. Geol. Soc. S. Afr., Vol. 54 annexure, p. 18.

SIMPSON E. S. and GIBSON C. G. (1912) Contributions to the study of the geology and ore deposits of Kalgoorlie, East Coolgardie Goldfield, Part 1. Bull. Geol. Surv. W. Austr. No. 42.

WILLIAMS H., TURNER F. J. and GILBERT C. M. (1958) Petrography: an introduction to the study of rocks in thin sections. San Francisco, W. H. Freeman and Co.

APÉNDICE 6

Estudio mineralógico y análisis de muestras del Ecuador

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

TECHNICAL REPORT WG/89/1R

Mineralogy and Petrology Series

REPORTE TÉCNICO WG/89/1R

Estudio mineralógico y análisis de muestras del Ecuador

por

B. Beddoe-Stephens

Índice Geográfico
Ecuador, Cordillera Real

Índice temático
Oro, sulfuros, Sn, W

La producción de este informe fue financiada por ODA (Overseas Development Administration) como parte de su programa de cooperación técnica

Referencia bibliográfica
Beddoe-Stephens B. (1989) Mineralogical examination and analysis of samples from Ecuador. [Estudio mineralógico y análisis de muestras del Ecuador]. *British Geological Survey. Technical Report WG/89/1R*. Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

 Edinburgh, British Geological Survey 1989

Estudio mineralógico y análisis de muestras del Ecuador

Mineralogy and Petrology – Reporte No. WG/89/1R

B. Beddoe Stephens

Enero de 1989

1. Introducción

Este reporte abarca el estudio de un conjunto de muestras recolectadas por el Dr. M. C. G. Clarke del Overseas Directorate como parte del Proyecto anglo-ecuatoriano Cordillera Real que tiene el objetivo de identificar zonas de potencial mineralización económica. Las muestras consisten en casi 60 concentrados bateados y 19 especímenes de roca/mena. Las primeras fueron tratadas con líquidos pesados y separación magnética con el fin de concentrar la fracción no-magnética que luego fue examinada ópticamente, en particular para la presencia de oro. A esta fracción también se le aplicó el 'estañado' y un análisis bajo radiación UV para detectar la presencia de casiterita y scheelita, respectivamente. El oro fue separado manualmente, colocado en secciones de vidrio y pulidas para el análisis de microsonda. Se preparó secciones pulidas para todas las muestras de roca/mena para un estudio microscópico de luz transmitida y reflejada, además del análisis de microsonda.

2. Descripción de las muestras de roca/mena

Las muestras de roca examinadas vienen de cuatro áreas geográficamente amplias. Todas tienen el prefijo CR-MC (Cordillera Real-Martin Clarke). En la Tabla 1 se presenta un resumen de los ensambles de los minerales de mena.

2.1 Área de la Mina Peggy

- **#7A**

Esta roca está compuesta esencialmente por cuarzo y turmalina. Existe algo de carbonato intersticial y parches de mica blanca fina. El cuarzo forma un mosaico de tamaño de grano variable y tiene evidencia de más de un episodio de cristalización. La turmalina azul-verde se encuentra desarrollada como columnas radiales o en agregados aciculares. Se observó varios cristales elongados de wolframita opaca, la microsonda electrónica indica que es 60-70% ferberita. Los sulfuros son comunes y abarcan intercrecimientos de arsenopirita, calcopirita y pirita-marcasita. Existe bismutinita ocasional, bordeando a estos sulfuros o desarrollada a lo largo de los límites de los granos, que casi invariablemente incluye ampollas irregulares de bismuto nativo (Figs. 1 y 2). La bismutinita localmente contiene una importante cantidad de Sb, quizás como un fino intercrecimiento de estibnita. También se encuentra pirrotina, usualmente como inclusiones en la arsenopirita. La wolframita es anterior a la deposición de los sulfuros, los cristales tienen márgenes irregulares y es cortada por vetillas de cuarzo. Sin embargo, tanto la wolframita como los sulfuros presentan penetraciones por, e inclusiones de, prismas de turmalina. El carbonato es tardío en la secuencia de cristalización, creciendo en bandas en espacios libres y de forma intersticial entre el cuarzo y los sulfuros.

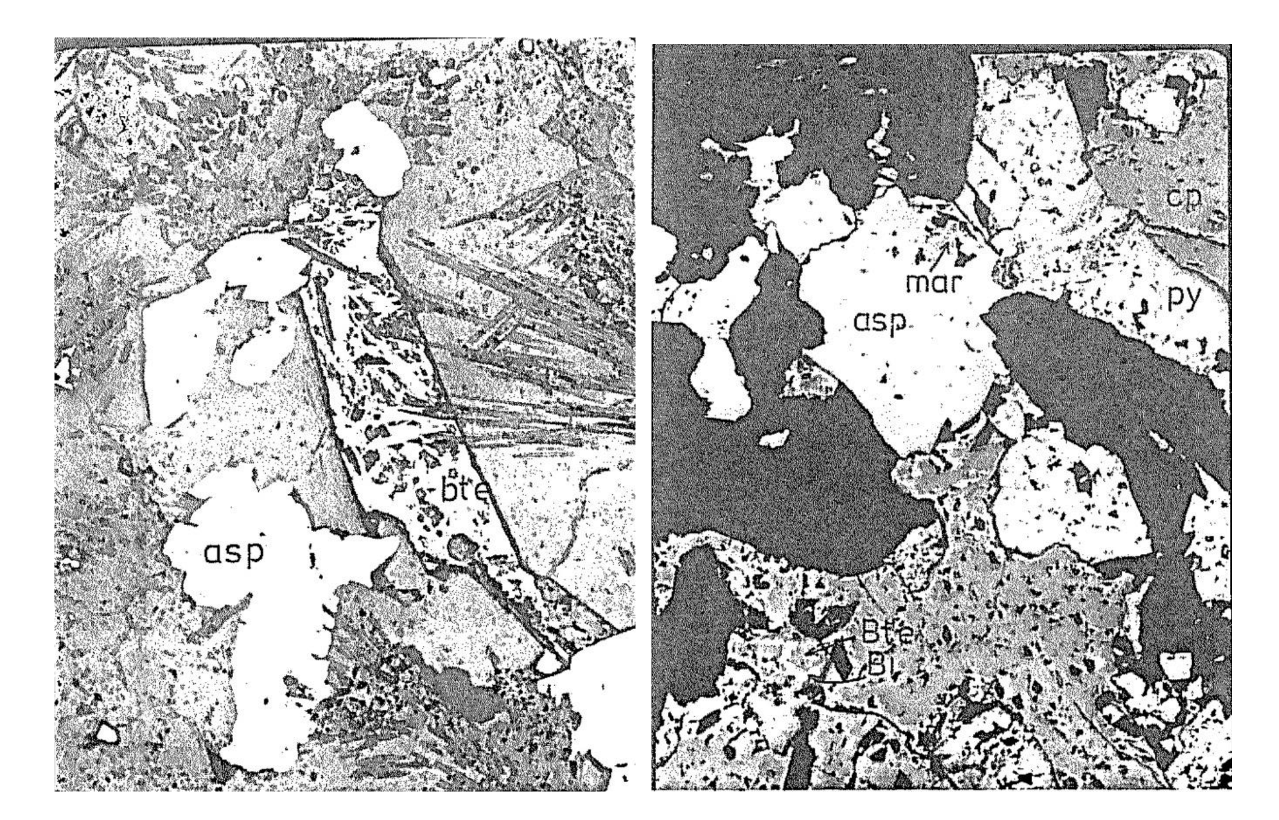


Figura 1. Roca de cuarzo-turmalina (7A) que contiene calcopirita (cp) e intercrecimientos de arsenopirita (asp), pirita (pyr/py) – marcasita (mar). La bismutinita (bte) tardía contiene ampollas irregulares de Bi nativo.

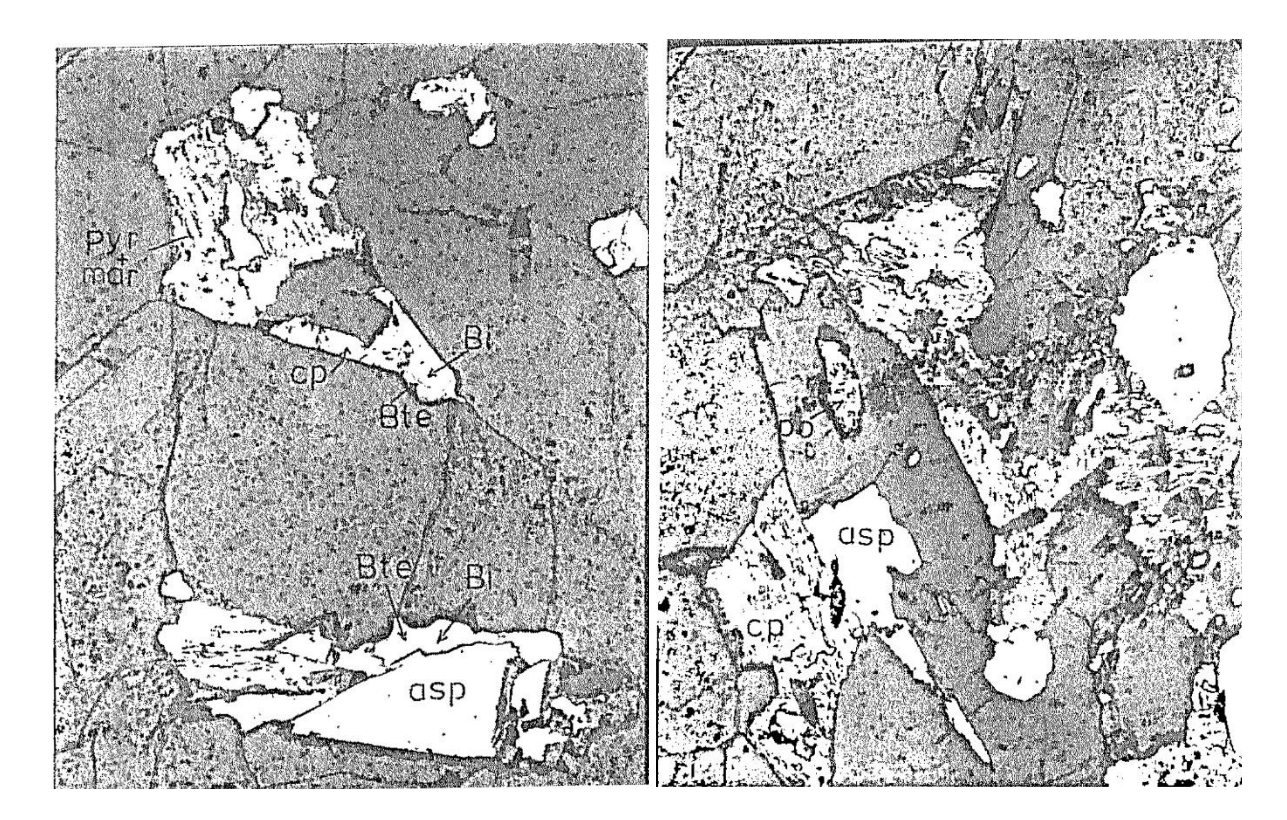


Figura 2. Muestra 7A con bismutinita-Bi nativo tardíos. También pirrotina (po).

- **#7C**

El cuarzo es el principal mineral de ganga en esta muestra, formando un mosaico irregular, aunque también las láminas de mica/sericita blanca son abundantes y generan una fábrica esquistosa. La penetrativa meteorización en la roca ha alterado algo de mica a arcilla ferruginosa. Hay intercrecimientos de pirita-marcasita, a veces como finos y esponjosos agregados; la galena y la esfalerita son las principales fases de mena, con pirrotina como inclusiones la pirita. Se observó estannita (Cu_2FeSnS_4) como un cristal blocoso penetrando a la galena y como una vetilla irregular en la esfalerita (Fig. 3). Existe algo de carbonato localmente bien-cristalizado que es posterior a la deposición de sulfuros, la microsonda indica que se trata de siderita. También se encuentra una traza de calcopirita.

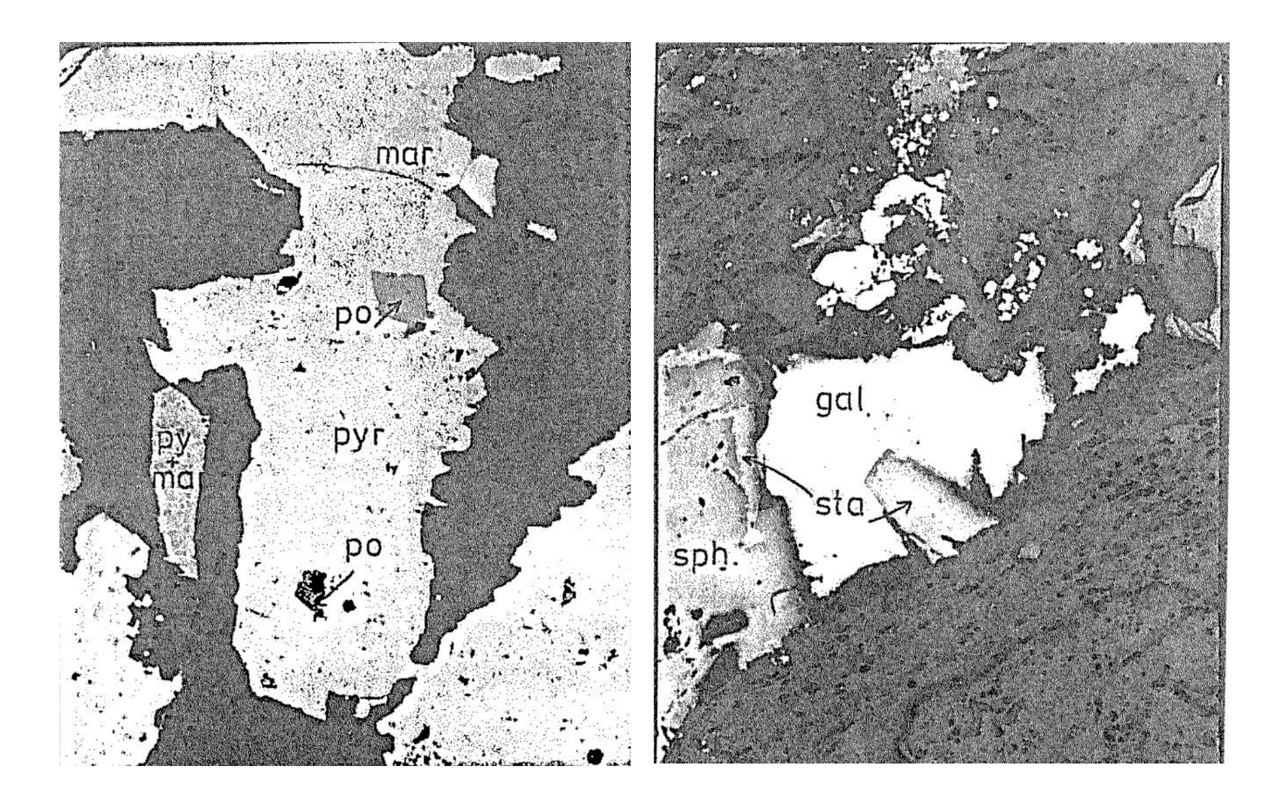
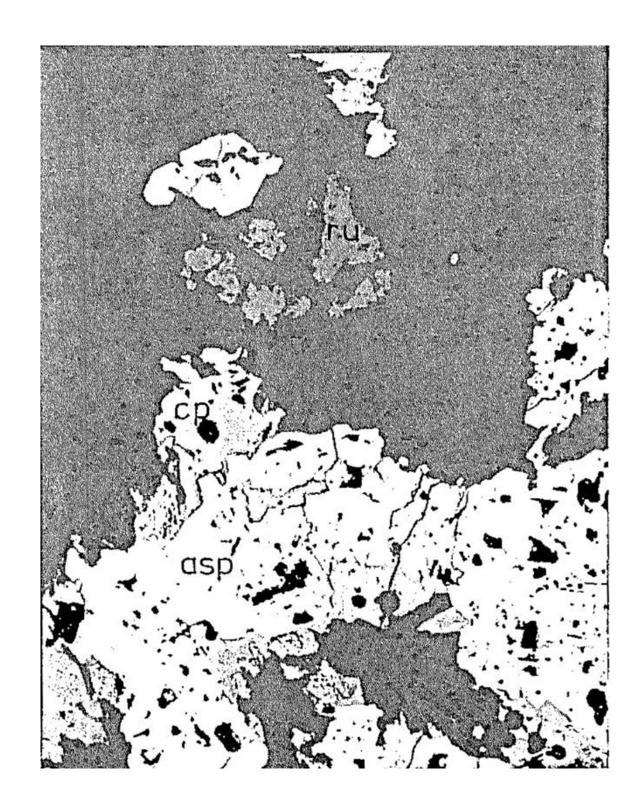


Figura 3. Muestra 7C. Izquierda: inclusiones de pirrotina (po) en pirita (pyr/py). La marcasita (mar) está intercrecida con pirita – localmente como agregados de cristales de aspecto esponjoso. Derecha: galena (gal) y esfalerita (sph) con estannita (sta).

- **#7D**

Es una roca de cuarzo-turmalina similar a #7A, el cuarzo se encuentra como un mosaico granular de tamaño variable, la turmalina verde-azul-amarilla es parcialmente intersticial formando agregados radiales aciculares/columnares. La microsonda indica que la turmalina es rica en Fe i.e. de tipo chorlo. Similar a #7A, los intercrecimientos de arsenopirita, calcopirita y pirita-marcasita son los principales sulfuros, incluyen bismutinita y bismuto nativo tardíos. Existen inclusiones de pirrotina en la arsenopirita. La figura 4 ilustra las texturas en esta roca. Se observó carbonato intersticial menor.



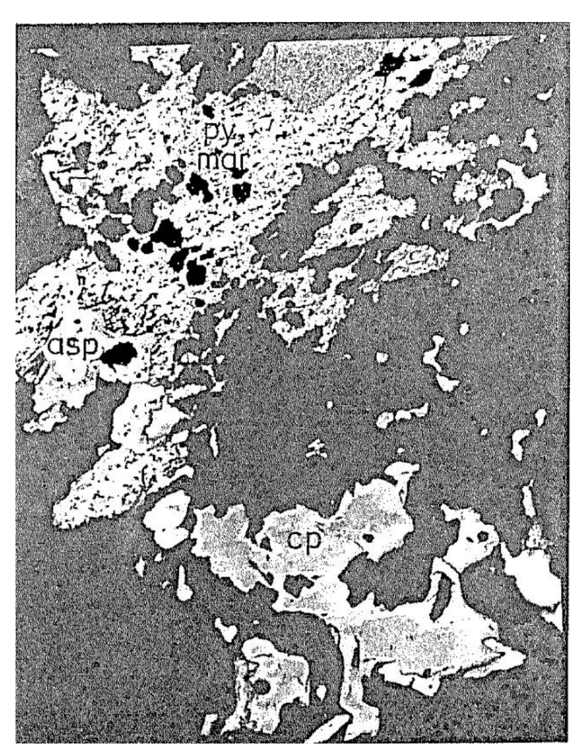


Figura 4. Ensamble de sulfuros de la muestra 7D que incluyen intercrecimientos de arsenopirita (asp), calcopirita (cp), pirita-marcasita. Existe bismutinita tardía con ampollas de Bi nativo. También se observa rutilo (ru).

- **#9**

Esta roca también está compuesta de cuarzo y turmalina (chorlo), pero no presenta desarrollos de sulfuros. La formación del cuarzo fue compleja con algunos cristales conservando evidencia de deformación y cristalización radial con un proceso tardío de recocido que forma un mosaico granular no-deformado. La turmalina está concentrada en bandas subparalelas. Sin embargo, también se observó una fase inusual, formando cristales de color verde-amarillo pálido, de alto relieve, intersticiales, fibrosos y radiales. La microsonda sólo indica la presencia de Fe y As, sugiriendo que es un mineral relacionado a karibibita ($Fe_2As_4O_9$) o angelellita ($Fe_4As_2O_{11}$), o una fase hidratada como symplesita. Para caracterizar esta fase se requiere un trabajo adicional con la microsonda o XRD.

- **#22C**

Esta roca se caracteriza por fenocristales de cuarzo redondeados a subhedrales de varios milímetros de diámetro. Se encuentran en una matriz cuarzosa fino-granular con abundante mica fina. La turmalina se presenta como grumos prismáticos a veces asociados con listones o rosetas de mica blanca fina. En parte, parecen ser pseudomorfos después de fenocristales de feldespato. La turmalina también se encuentra en delgadas vetillas con cuarzo las cuales tienen un orillo manchado de Fe debido a la presencia de material limonítico diseminado y hematita menor.

La turmalina, indicativa de fluidos metasomáticos ricos en B, es característica de esta área. Además, la asociación de minerales que contienen Sn y W, y los sulfuros de As, Bi es la típica mineralización asociada con granitos evolucionados (tipo-S?) epizonales o mesotermales.

2.2 Área de Ayllón

- **#25**

El cuarzo como un mosaico de tamaño de grano variable es la ganga de esta muestra rica en mena. La mica blanca fina está asociada con bandas de cuarzo más fino. La pirita masiva forma bandas irregulares rodeada por los comunes clústers de arsenopirita angular. También existe galena y esfalerita, la última con inclusiones de calcopirita. La boulangerita ($Pb_5Sb_4S_{11}$) es posterior a estas fases minerales, en algunas partes remplazando a la galena a lo largo de los bordes del grano (Fig. 6). En esta muestra el oro nativo es conspicuo, a veces asociado con boulangerita con la cual co-cristaliza o sólo es posterior (Fig. 5), pero también como manchas entre otros sulfuros o en las fracturas. Una fase relacionada, bournonita ($PbSbCuS_3$), fue observada en vetillas tardías, en la Figura 6 corta a la arsenopirita y esfalerita.

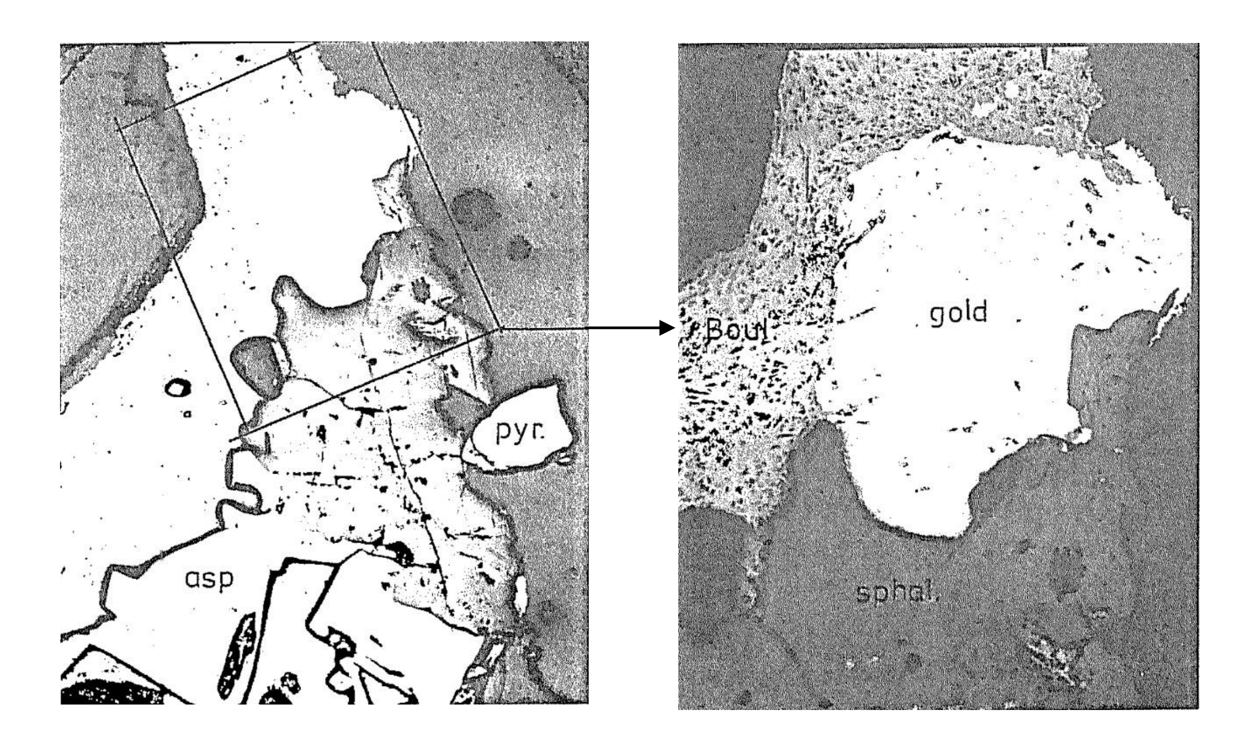
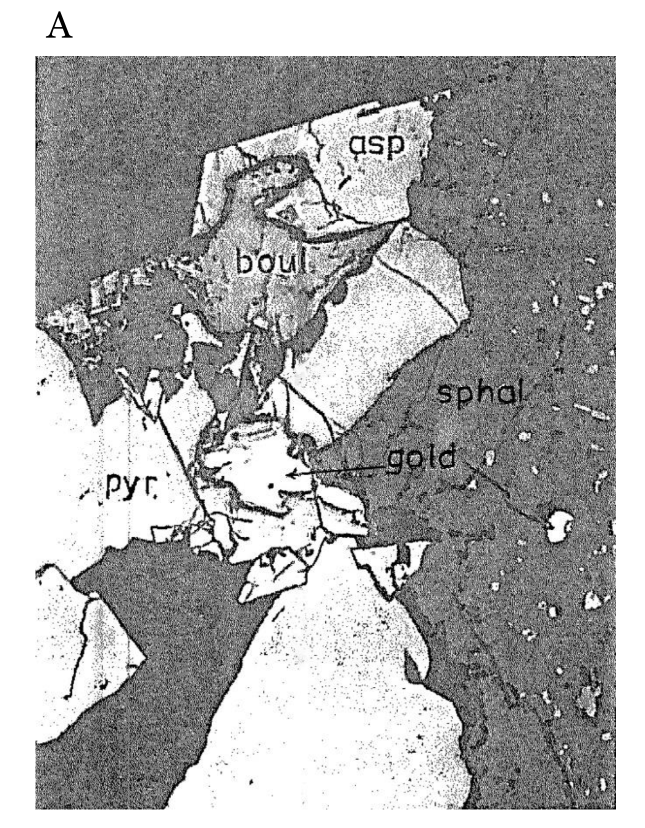
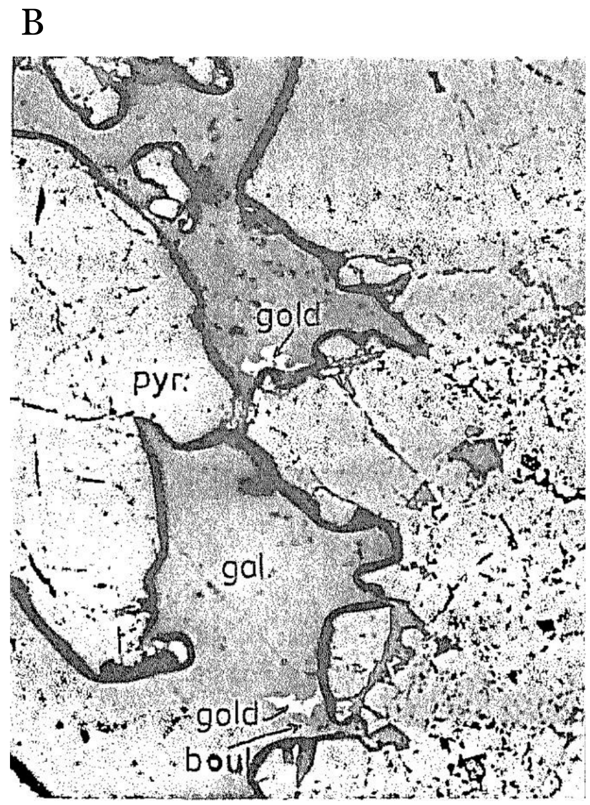


Figura 5. Muestra 25. Cristal grande de oro (400 µm) asociado con esfalerita (sphal) y boulangerita (boul). Probablemente la arsenopirita y esfalerita co-cristalizaron y son anteriores a la boulangerita. El oro tiene inclusiones de boulangerita que junto con los márgenes irregulares entre ellos sugieren que el oro es la fase más tardía. Existe inclusiones de calcopirita en la esfalerita.

A



B



C

Figura 6. Muestra 25.

A: Oro como ampollas en la esfalerita y asociado con boulangerita. También existe arsenopirita y pirita.

B: la galena en la pirita es remplazada marginalmente por boulangerita, la que está asociada con las ampollas de oro.

C: Oro en esfalerita. Vetillas tardías de bournonita cortan a la pirita más temprana + *stringer* de arsenopirita en esfalerita.

- **#27A**

Esta muestra también se compone de una ganga de cuarzo granular con bandas más finas que contienen núcleos ocasionales de *pockets* de mica blanca. Sin embargo, los únicos sulfuros identificados son arsenopirita común y galena adicional. Se encontró oro nativo como se indica en la Figura 7. Parece ser posterior a la galena y arsenopirita.

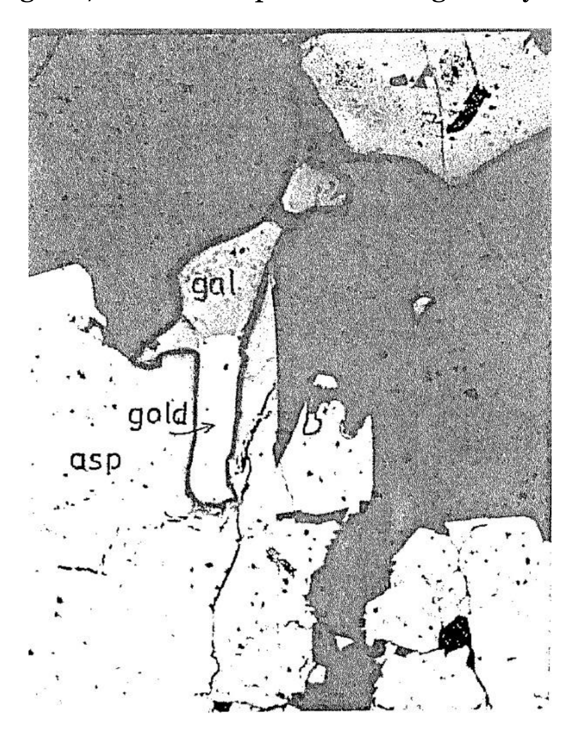


Figura 7. Muestra 27A. Grano de oro (300×100 μm) con arsenopirita y galena.

- **#30**

Es una muestra de mena masiva compuesta casi totalmente por pirita equigranular con magnetita subhedral adicional. La magnetita exhibe alteración parcial a hematita a lo largo de los márgenes del cristal y en separaciones octaédricas. Existe calcopirita como inclusiones redondeadas en la pirita y también a lo largo de las fracturas. Cuarzo menor cristalizado de forma radial e hidróxidos de Fe se presentan como intersticiales a la pirita.

Las dos muestras de veta de cuarzo representan depósitos polimetálicos hidrotermales (As-Au-Sb-Pb-Zn) de vetas. En estas muestras la similitud de la composición del oro nativo (ver abajo) sugiere que están relacionadas. Parece ser una asociación relativamente pobre en Cu y, la ausencia de minerales individuales de Ag junto con una proporción total Au/Ag > 1 sugieren un origen mesotermal y no epitermal.

La mena masiva de pirita-magnetita (#30) es claramente diferente, un posible origen sería como roca metasomática formada cerca del contacto con el cuerpo granitoide.

2.3 Área de Zumba

- **#38**

Una roca cuarzosa con evidencia de repetido fracturamiento y silicificación. Se observa algo de feldespato, pero está alterado a mica fina o arcilla y, posiblemente saussurita fina. También hay parches de montmorillonita o clorita verde fino-granular. Existen cristales diseminados de pirita, así también productos de oxidación café-rojos que incluyen goetita.

- **#43A**

Es una muestra fuertemente 'propilitizada'. La presencia local de fenocristales de feldespato relicto y piroxeno pseudomórfico indica que originalmente fue una roca andesítica. Ha sido notablemente alterada a un ensamble de actinolita, prehnita, epidota y cuarzo, más clorita menor. La pirita se presenta como cristales irregulares diseminados junto con una traza de calcopirita.

- **#43B**

Una roca similar a #43A, con una textura heterogénea y un ensamble de alteración compuesto por prehnita-epidota-actinolita-cuarzo. Tentativamente se identificó pumpellyita. Se ha encontrado piritas redondeadas por lo general ecuantes y, calcopirita menor. En algunas partes la covelina bordea a la calcopirita.

- **#45**

Esta roca está compuesta principalmente por cuarzo de grano grueso, deformado y, epidota, la última como distintivos clústers blocosos de cristales zonados color amarillo/verde manzana, ocasionalmente presentando buenas caras de cristal respecto al cuarzo. La muestra contiene algo de magnetita masiva que exhibe numerosas lamelas de hematita fina. Se observa ocasionales grumos intersticiales de clorita. Existen granos de pirita muy pequeños dispersos en la magnetita.

Las muestras #43 y #45 posiblemente están relacionadas a un skarn (¿retrogrado?) debido a la presencia de silicatos Ca-Al y magnetita masiva. Sin embargo, tienen una escasa mineralización.

2.4 Área de Zamora

- **#64C**

Esta roca está compuesta principalmente por granate grosularia que exhibe un comportamiento óptico no-isotrópico característico y forma una textura en mosaico granular de tamaño variable. La grosularia tiene una zonación distintiva y el desarrollo de caras adyacentes al cuarzo y calcita de veta o intersticial (Fig. 8). En muestra de mano se presentan granos de oro visible (~ 1 mm de diámetro) y en la sección pulida se observó cristales más pequeños. Como se ve en la Figura 8, ha cristalizado intersticialmente respecto al granate. Hay diminutos cristales euhedrales de pirita diseminados en la roca, más trazas de calcopirita.





Figura 8. Muestra 64C. Granate de skarn compuesto por un mosaico euhedral de grosularia-andradita con cuarzo y carbonato intersticial. El pequeño cristal lobular de oro es posterior al granate.

- **#64E**

Una roca interesante en el sentido de que es una toba andesítica rica en cristales, parcialmente convertida en un skarn de grosularia. Existe calcita, clorita y trazas de hematita intersticiales a la grosularia. Los clastos de feldespato angular a subhedral en el dominio del protolito andesítico en esta roca tienen un aspecto turbio. En este dominio, *stringers* y parches finos de calcita actúan como núcleos del crecimiento del granate. La casi completa transformación a un skarn se presenta espacialmente sobre unos pocos milímetros. Diseminadas por todas partes existen raras manchas de pirita.

- **#65B**

También es un skarn que tiene dos dominios distintivos. Uno consiste en abundante grosularia-andradita amarilla, zonada, con cuarzo intersticial, calcita y feldespato de aspecto turbio; el otro consiste en numerosos pequeños cristales poiquilíticos de piroxeno en una matriz de cuarzo y feldespato-(¿K?) café de aspecto turbio. El feldespato se presenta en vetillas que son posteriores al crecimiento del granate y, algunas veces como un crecimiento concéntrico alternado de bandas con cuarzo. En muestra de mano estas vetillas son distintivamente rosadas. Sólo hay pirita intersticial escasamente diseminada.

- **#69**

Una brecha compuesta principalmente por clastos de andesita fírica con plagioclasa. Los feldespatos tienen un aspecto turbio y exhiben una alteración moteada a clorita, epidota y pumpellyita?. También existe prehnita. Los pocos cristales de grosularia, así como la presencia de *splays* de clinopiroxeno elongado, indican una incipiente formación de skarn. Algunos agregados de actinolita serían pseudomorfos después de hornblenda o piroxeno (primarios). Se presenta clorita menor en vetillas y también hay parches de carbonato. La pirita está escasamente diseminada y sólo se observó trazas de calcopirita.

La descripción de un skarn relacionado de Nambija, del cual provienen las 4 muestras anteriores, fue proporcionada en un reporte anterior (Beddoe-Stephens, 1987). En aquella muestra (JACR-19) se identificó oro y fue relacionado con la deposición intersticial de cuarzo-calcita-feldespato K desarrollada respecto al granate grandita ($Ad_{70-45}Gr_{29-52}$).

- **#56A**

Es un pórfido cuarzo-feldespático. Los fenocristales de cuarzo redondeado tienen diámetros de hasta 4 mm. Los fenocristales de feldespato redondeados son más comunes que el cuarzo, pero no son tan ecuantes. La mayoría tiene una simple macla tipo Carlsbad, pero una curiosa textura de recristalización, y están bordeados y parcialmente remplazados por mica blanca. Las biotitas euhedrales son remplazadas por mica blanca y minerales de arcilla. La matriz está compuesta por mica, cuarzo y feldespato granular de aspecto turbio. En la matriz también hay pirita diseminada, pero pirita + esfalerita se encuentra en una vetilla (1 mm). La covelina también está formada en la vetilla como un borde, o como un remplazamiento, de esfalerita – sólo se observó trazas de calcopirita.

- **#78B**

Esta muestra es una brecha de veta (*vein breccia*), siendo la roca hospedante una dacita o andesita fírica con feldespato. Está silicificada y argilizada – los fenocristales de feldespato han sido remplazados por minerales de arcilla tipo illita. El relleno de los intersticios de la veta y clastos está compuesto por cuarzo tipo-peine y esfalerita (translúcida de color amarillo-naranja en la sección delgada). La esfalerita contiene vetillas irregulares e inclusiones de galena argentífera, pirita, pirrotina y calcopirita (Fig. 9). Los cubos de pirita están diseminados por toda la roca hospedante.

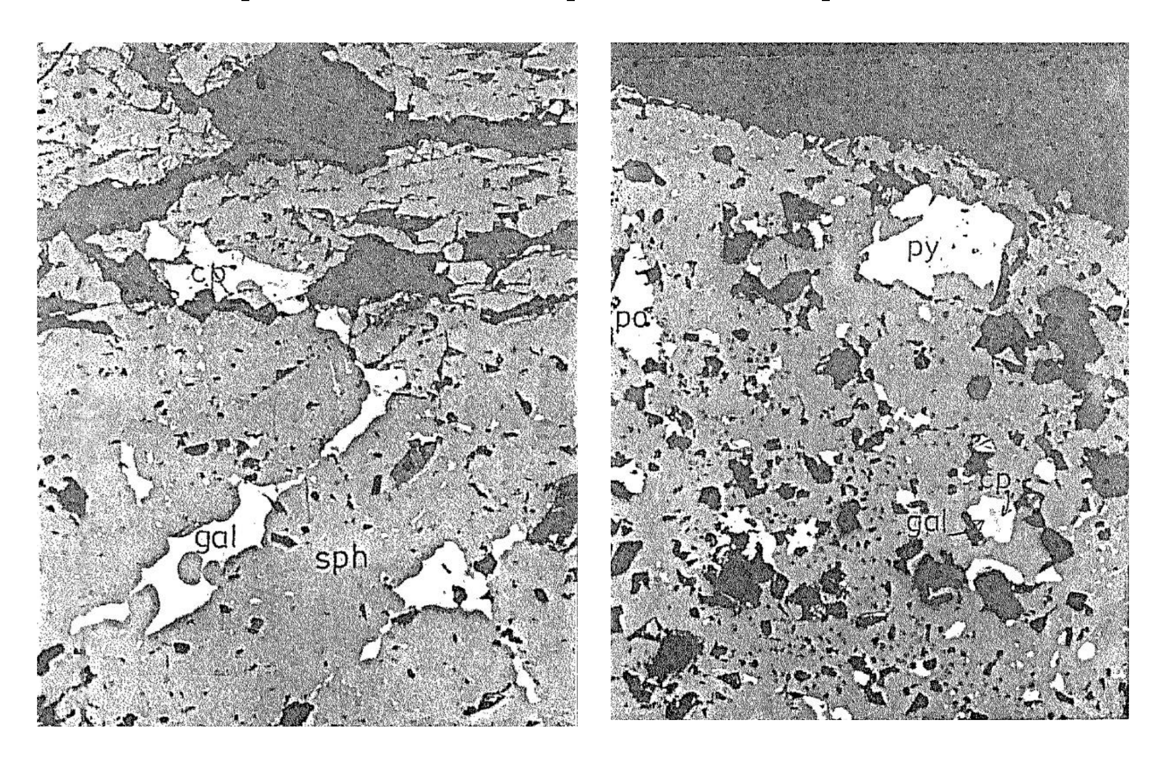


Figura 9. Muestra 78B. Esfalerita con vetillas irregulares e inclusiones de pirita, pirrotina, calcopirita y galena.

- **#78C**

Esencialmente es igual que #78B, siendo una brecha porfídica silicificada y argilizada. En la sección delgada sólo se observaron cubos de pirita diseminados, pero la muestra de mano contiene grumos centimétricos de esfalerita y pirita.

Las tres últimas muestras representan a volcánicos ácidos e intrusivos someros asociados que han experimentado una alteración argílica-fílica. El Zn es el metal predominante en estas rocas, las cuales posiblemente son parte de un envoltorio de alteración de un depósito mineral de stock porfídico o, epitermal.

3. Muestras de concentrados de batea

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los resultados de la separación inicial, estañado e irradiación UV. Las muestras #14-19 contienen importantes cantidades de scheelita y oro pueden ser relacionadas al área de Ayllón en donde se ha identificado muestras de vetas de cuarzo ricas en oro (ver sección 2.2 en este Apéndice). La scheelita probablemente tiene un origen separado dentro de los metasedimentos que conforman la roca hospedante. La muestra #22, que contiene casiterita, es del área de la Mina Peggy. Las muestras auríferas #23, 24, 25 y 28 vienen del área de Zumba, y #34 y 35 pueden ser relacionadas a rocas ácidas argilizadas del distrito Zamora.

3.1 Análisis de oro

El oro nativo identificado entres muestras de roca/mena y separado de 15 concentrados de batea fue analizado con microsonda electrónica. Los análisis se presentan en este apéndice. Casi invariablemente, los granos de oro aluvial tienen un delgado borde de lixiviación-Ag debido a la acción de aguas subterráneas y/o fluviales. Los análisis representan la composición de los interiores del grano, cuyos análisis duplicados indican que es homogénea, y que no debe ser diferente de la de aquellos granos que aún se encuentran en las rocas hospedantes. Adicionalmente a los análisis de Cu, Au y Ag, el oro nativo en las muestras de mena fue analizado para Sb y Bi. Sin embargo, se determinó que en todos los casos estos dos elementos se encuentran bajo el límite de detección.

Una característica de todo el oro analizado es que el Cu se encuentra cerca o bajo el nivel de detección, la excepción es un grano de la muestra 34. Por tanto, la química de los granos de oro puede ser simplemente representada por el contenido de plata, como se indica en la Figura 10. Es evidente que el oro del skarn de Nambija (~ 10 atom % Ag) es distinto del oro presente en las vetas polimetálicas de Ayllón (30-37% Ag). En ambos casos, la presencia de oro no está acompañada por notables sulfuros-Cu y esto parece reflejarse en la carencia de Cu disuelto en el oro nativo. En el anterior reporte se sugirió que una presencia significativa de Cu disuelto usualmente implicaría una paragénesis de sulfuros de cobre-oro como la de un pórfido-Cu o un skarn-Cu. Respecto a las dos muestras de mena de Ayllón, el análisis total indica una proporción Au/Ag > 2, sugiriendo que la abundancia de Au y Ag se explica simplemente por la presencia de oro nativo. Es decir, no es tan probable que exista mucha plata en otros sulfuros.

El autor desconoce la ubicación geográfica de todas las muestras de concentrados bateados, sin embargo, las muestras 07, 08, 15 y 48 contienen oro de baja Ag que puede ser atribuido a mineralización de skarn del tipo Nambija. Gran parte del oro aluvial tiene valores más altos de Ag, despreciable Cu y en general es comparable con el oro de las vetas de Ayllón. Dos muestras, 24 y 25, son distintivamente ricas en Ag y se las puede comparar con las previamente analizadas JACR-3 y JACR-4; composiciones compatibles con oro tipo electrum de vetas epitermales ricas en Ag.

Tabla 1. Ensambles de los minerales de mena

	Asp	Pir	Mar	Cp	Po	Esf	Gal	PbSb	Estan	Wolf	Bis	Oro	Otros
Área de la Mina Peggy													
7A	*	*	*	*	*					*	*		Tur.
7C	*	*	*		*	*	*		*				
7D	*	*	*	*	*						*		Tur.
9													Tur.
22C													Tur.
Área de Ayllón													
25	*	*		*		*	*	*				*	
27A	*						*					*	
30		*		*									Mag.
Área de Zumba													
38		*											
43A		*											
43B		*		*									Covel.
45		(*)											
Área de Zamora													
64C		*		*								*	
64E		(*)											
65B		*											
69		*		(*)									
56A		*		*		*							Covell.
78B		*		*	*	*							
78C		*				?							

Notas: Asp – arsenopirita; Pir – pirita; Mar – marcasita; Cp – calcopirita; Po – pirrotina; Esf – esfalerita; Gal – galena; PbSb – boulangerita y bournonita; Estan – estannita; Wolf – wolframita; Bis – bismutinita y bismuto nativo.
Tur – turmalina; Mag – magnetita; Covel – covelina.
Paréntesis = fase inusual.

Nambija: 64C, 64E, 65B y 69.

Tabla 2. Datos de concentrados de batea

Área	Muestra #	Peso (gramos)	%Mag (1)	%Pesados (2)	Casiterita (3)	Scheelita (4)	Oro (5)
Área de Burro Playa, etc.	1	58.1	1.4	84.2			Pocos granos grandes
	2	56.3	62.4	33.9		3	
	3A	20.7	42.2	47.5		1	
	3B	23.7	28.0	43.1		?1	
	4	6.1		19.3			
	5A	40.6	<0.2	23.4			
	5B	4.3		20.9		1	
	5C	32.8	<0.2	33.2			
	5D	62.5		21.2			
	6A	22.4	26.6	45.0		1	
	6B	43.0	22.8	41.9			
	7	35.5	<0.3	15.5			Varios granos
	8	23.9	21.8	52.1		2	1 grano
	9A	18.4	10.6	51.8			Pocos granos
	9B	50.5	0.4	51.8			
	10A	18.6	<0.5	45.6			
	10B	33.2	0.3	35.9			
	11	56.4	0.4	30.7			
	12A	77.0	1.7	37.2		?1	
	12B	21.1	<0.5	13.9			
Peggy	13	69.7	46.2	46.1	Pocos granos	30	Varios granos
Área Ayllón	14	19.8	13.7	41.1		40	Muchos granos diminutos
	15	34.3	0.9	30.9		10	Muchos granos
	16A	33.6	4.0	36.4		30	Varios granos diminutos
	16B	10.3	<1.0	7.0			
	17	26.4	<0.5	20.5		30	3 granos pequeños
	18	43.1	<0.2	42.3		>100	1 grano pequeño
	19	37.8	10.4	46.4		20	1 grano pequeño
	20	10.7	30.5	30.5		6	
	21	7.7		33.3		5	
Peggy	22	37.5	1.6	48.8	Común		
Los Planes	23	136.5	59.8	34.0		15	1 grano pequeño
	24	261.8	69.5	29.7			4 granos pequeños
	25	156.3	78.0	20.1			1 grano pequeño
	26	42.4	67.3	30.3			
	27	130.2	80.4	14.0			
	28	238.6	68.5	29.4			3 granos pequeños
	29	55.6	86.6	10.8			
Malacatos	30	39.4	0.8	35.2		5	
	31	31.1	<0.3	21.3		?1	
	32	43.3	1.0	10.2		?1	
	33	37.6		26.0			
Piuntza	34	33.2	12.3	11.7			Varios granos pequeños
	35	35.9	18.2	43.3			4 granos pequeños
Loja	36A	9.4	19.6	47.8			
	36B	45.9		7.3			
Saraguro	37A	36.4	32.4	52.3			
	37B	114.7	39.2	54.9			
	38	193.6	36.8	49.6			
	39	133.2	24.0	18.3			
	40	118.8	24.8	22.6	Común	50	
Espíritu Playa	41	40.1	6.9	12.9			
	42A	26.1	35.3	18.2			
	42B	189.2	64.8	15.2			
	43	131.6	37.7	19.3			
	44	159.4	61.9	6.5			
	45	73.3	62.3	5.6			
	46	109.1	14.1	17.1			
Los Planes	47	2.5					Muchos granos diminutos
Pilares (Río Collay)	48	1.1					Varios granos pequeños
R. Collay (Cabeceras)	49	9.5				2	2 granos

(1) Porcentaje de magnetita; (2) Porcentaje de concentrado con densidad mayor a 2.9; (3) Resultados del 'estañado' de la fracción no-magnética; (4) Número aproximado de granos vistos en luz UV de onda corta; (5) Evaluación cualitativa del número de granos de oro.

3.2 Resultados de microsonda electrónica para el oro

Los análisis del oro fueron realizados usando la microsonda electrónica Microscan 5 del Instituto de Geología Grant (Universidad de Edimburgo). Los análisis de las muestras aluviales representan la composición interna de granos individuales. El nivel más bajo de detección del Cu es de casi 0.04 wt%. Los valores de los análisis del oro de mena indican cristales individuales.

3.2.1 Composición del oro aluvial

- **CR-MC-P-01**

	GRANO 1	
	WT % EL	ATOM
Au	82.88	72.438
Ag	17.27	27.562
Cu	0.00	0.00
TOTAL	100.15	100.000

	GRANO 2	
	WT % EL	ATOM
Au	77.33	65.426
Ag	22.38	34.574
Cu	0.00	0.000
TOTAL	99.71	100.000

	GRANO 3	
	WT % EL	ATOM
Au	89.54	82.493
Ag	10.39	17.479
Cu	0.01	0.029
TOTAL	99.94	100.001

- **CR-MC-P-07**

	GRANO 1	
	WT % EL	ATOM
Au	90.47	83.042
Ag	10.05	16.844
Cu	0.04	0.114
TOTAL	100.56	100.000

	GRANO 2	
	WT % EL	ATOM
Au	94.20	89.784
Ag	5.87	10.216
Cu	0.00	0.000
TOTAL	100.07	100.000

- **CR-MC-P-08**

	GRANO 1	
	WT % EL	ATOM
Au	95.99	91.702
Ag	4.74	8.268
Cu	0.01	0.030
TOTAL	100.74	100.000

- **CR-MC-P-9A**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	86.53	78.072
Ag	13.31	21.928
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.84**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	77.11	64.919
Ag	22.82	35.081
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.93**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	75.13	62.802
Ag	24.32	37.121
Cu	0.03	0.078
TOTAL	**99.48**	**100.001**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	79.27	68.010
Ag	20.42	31.990
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.69**	**100.000**

GRANO 5		
	WT % EL	ATOM
Au	83.80	74.397
Ag	15.76	25.548
Cu	0.02	0.055
TOTAL	**99.58**	**100.000**

- **CR-MC-P-13**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	88.91	81.804
Ag	10.78	18.111
Cu	0.03	0.086
TOTAL	**99.72**	**100.001**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	81.18	70.459
Ag	18.64	29.541
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.82**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	82.07	72.160
Ag	17.29	27.759
Cu	0.03	0.082
TOTAL	**99.39**	**100.001**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	83.90	74.436
Ag	15.78	25.564
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.68**	**100.000**

GRANO 5		
	WT % EL	ATOM
Au	91.14	85.595
Ag	8.40	14.405
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.54**	**100.000**

GRANO 6		
	WT % EL	ATOM
Au	82.30	72.120
Ag	17.39	27.826
Cu	0.02	0.054
TOTAL	**99.71**	**100.000**

GRANO 7		
	WT % EL	ATOM
Au	86.46	77.218
Ag	13.97	22.782
Cu	0.000	0.000
TOTAL	**100.43**	**100.000**

GRANO 8		
	WT % EL	ATOM
Au	74.14	63.109
Ag	23.65	36.759
Cu	0.05	0.132
TOTAL	**97.84**	**100.000**

GRANO 9		
	WT % EL	**ATOM**
Au	85.49	76.754
Ag	14.18	23.246
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.67**	**100.000**

GRANO 10		
	WT % EL	**ATOM**
Au	87.66	78.721
Ag	12.96	21.251
Cu	0.01	0.028
TOTAL	**100.63**	**100.000**

GRANO 11		
	WT % EL	**ATOM**
Au	80.46	70.948
Ag	18.01	28.998
Cu	0.02	0.055
TOTAL	**98.49**	**100.001**

GRANO 12		
	WT % EL	**ATOM**
Au	88.86	79.942
Ag	12.21	20.058
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**101.07**	**100.000**

- **CR-MC-P-15**

GRANO 1		
	WT % EL	**ATOM**
Au	77.75	66.072
Ag	21.78	33.796
Cu	0.05	0.132
TOTAL	**99.58**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	**ATOM**
Au	96.69	92.987
Ag	3.96	6.954
Cu	0.02	0.060
TOTAL	**100.67**	**100.001**

GRANO 3		
	WT % EL	**ATOM**
Au	82.18	71.857
Ag	17.61	28.116
Cu	0.01	0.027
TOTAL	**99.80**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	**ATOM**
Au	82.14	72.962
Ag	16.67	27.038
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**98.81**	**100.000**

- **CR-MC-P-17**

GRANO 1		
	WT % EL	**ATOM**
Au	77.87	65.825
Ag	22.09	34.096
Cu	0.03	0.079
TOTAL	**99.99**	**100.000**

- **CR-MC-P-19**

GRANO 1		
	WT % EL	**ATOM**
Au	85.36	76.877
Ag	14.01	23.039
Cu	0.03	0.084
TOTAL	**99.40**	**100.000**

- **CR-MC-P-24**

GRANO 1		
	WT % EL	**ATOM**
Au	57.94	43.007
Ag	42.05	56.993
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.99**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	**ATOM**
Au	69.98	56.608
Ag	29.36	43.367
Cu	0.01	0.025
TOTAL	**99.35**	**100.000**

- **CR-MC-P-25**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	67.05	53.091
Ag	32.36	46.787
Cu	0.05	0.123
TOTAL	**99.46**	**100.001**

- **CR-MC-P-28**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	72.06	59.954
Ag	26.36	40.046
Cu	0.00	0.00
TOTAL	**98.42**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	78.18	66.540
Ag	21.53	33.460
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.71**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	76.70	65.515
Ag	22.11	34.485
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**98.81**	**100.000**

- **CR-MC-P-34**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	79.84	68.219
Ag	20.37	31.781
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**100.21**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	83.67	72.951
Ag	16.99	27.049
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**100.66**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	82.28	71.805
Ag	17.66	28.141
Cu	0.02	0.054
TOTAL	**99.96**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	83.63	72.648
Ag	16.48	26.140
Cu	0.45	1.212
TOTAL	**100.56**	**100.000**

GRANO 5		
	WT % EL	ATOM
Au	82.13	71.204
Ag	18.19	28.796
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**100.32**	**100.000**

GRANO 6		
	WT % EL	ATOM
Au	71.04	57.947
Ag	28.20	42.002
Cu	0.02	0.051
TOTAL	**99.26**	**100.000**

GRANO 7		
	WT % EL	ATOM
Au	80.70	69.927
Ag	18.99	30.046
Cu	0.01	0.027
TOTAL	**99.70**	**100.000**

- **CR-MC-P-35**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	82.54	72.705
Ag	16.97	27.295
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.51**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	73.32	60.820
Ag	25.85	39.154
Cu	0.01	0.026
TOTAL	**99.18**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	81.93	70.820
Ag	18.42	29.073
Cu	0.04	0.107
TOTAL	**100.39**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	78.47	67.267
Ag	20.81	32.573
Cu	0.06	0.159
TOTAL	**99.34**	**99.999**

- **CR-MC-P-48**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	94.78	89.892
Ag	5.82	10.079
Cu	0.01	0.029
TOTAL	**100.61**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	75.10	62.809
Ag	24.32	37.139
Cu	0.02	0.052
TOTAL	**99.44**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	73.74	61.339
Ag	25.42	38.610
Cu	0.02	0.052
TOTAL	**99.18**	**100.001**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	79.95	69.490
Ag	19.19	30.456
Cu	0.02	0.054
TOTAL	**99.16**	**100.000**

- **CR-MC-P-49**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	79.39	69.279
Ag	19.28	30.721
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**98.67**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	83.74	74.448
Ag	15.74	25.552
Cu	0.00	0.000
TOTAL	**99.48**	**100.000**

3.2.2 Composición del oro de mena

- **CR-MC-25**

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Au	80.64	69.381
Ag	19.49	30.619
Cu	0.00	0.000
TOTAL	100.13	100.000

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	78.09	68.727
Ag	19.46	31.273
Cu	0.00	0.000
TOTAL	97.55	100.000

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Au	78.83	69.531
Ag	18.85	30.359
Cu	0.04	0.109
TOTAL	97.72	99.999

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Au	74.28	65.882
Ag	21.05	34.091
Cu	0.01	0.027
TOTAL	95.34	100.000

GRANO 5A		
	WT % EL	ATOM
Au	79.20	69.509
Ag	19.01	30.464
Cu	0.01	0.027
TOTAL	98.22	100.000

GRANO 5B		
	WT % EL	ATOM
Au	78.41	68.511
Ag	19.72	31.462
Cu	0.01	0.027
TOTAL	98.14	100.000

GRANO 6		
	WT % EL	ATOM
Au	76.92	65.860
Ag	21.82	34.114
Cu	0.01	0.027
TOTAL	98.75	100.001

- **CR-MC-27A**

GRANO 1A		
	WT % EL	ATOM
Au	76.58	65.349
Ag	22.17	34.545
Cu	0.04	0.106
TOTAL	98.79	100.000

GRANO 1B		
	WT % EL	ATOM
Au	76.81	65.330
Ag	22.29	34.618
Cu	0.02	0.053
TOTAL	99.12	100.001

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Au	76.17	64.247
Ag	23.18	35.701
Cu	0.02	0.052
TOTAL	99.37	100.000

- **CR-MC-64C**

GRANO 1A		
	WT % EL	ATOM
Au	95.30	91.889
Ag	4.59	8.081
Cu	0.01	0.030
TOTAL	99.90	100.000

GRANO 1B		
	WT % EL	ATOM
Au	94.71	91.861
Ag	4.46	7.899
Cu	0.08	0.241
TOTAL	99.25	100.000

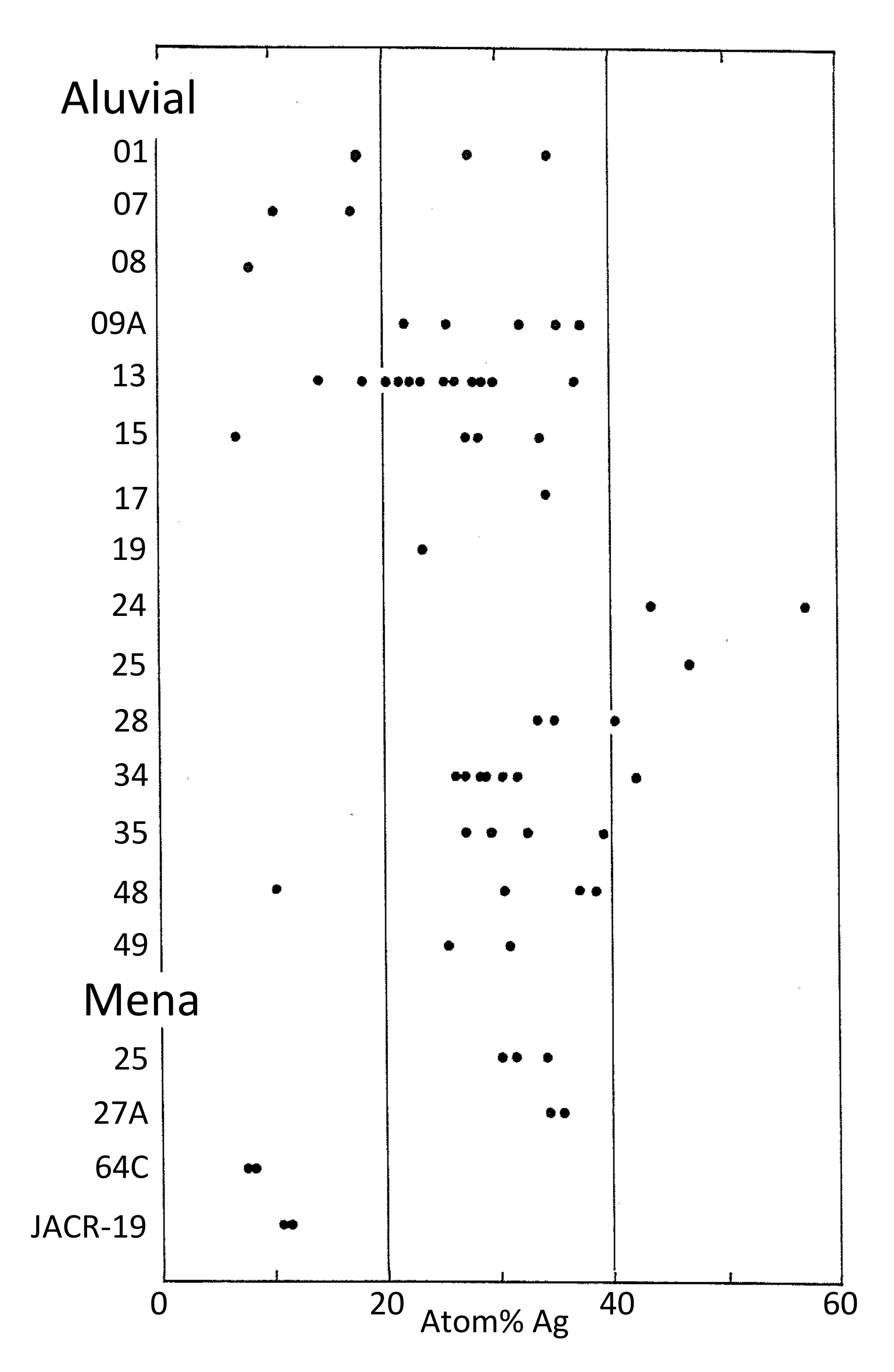


Figura 10. Composiciones de oro nativo de las muestras de mena y concentrados de batea. JACR-19 es un skarn de Nambija analizado previamente (Beddoe-Stephens, Primer Informe Anual-Apéndice 3, 1987).

Agradecimientos

Roy Fakes realizó la separación mineral y preparó las secciones pulidas de granos de oro.

Referencias

Beddoe-Stephens B. (1987) A pilot examination of alluvial and in situ gold and platinum from Ecuador. Mineralogy & Petrology. Report 87/3. (BGS, Edinburgh).

APÉNDICE 7

Petrografía de algunos granitos de la Cordillera Real, Ecuador

MINERALOGY AND PETROLOGY

Reporte No. WG/88/17R

Petrografía de algunos granitos de la Cordillera Real, Ecuador

Por

J. Dangerfield
(BGS)

25 de agosto de 1988

British Geological Survey
Murchison House
West Mains Road
Edinburgh EH9 3LA

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

Petrografía de algunos granitos de la Cordillera Real, Ecuador

J. Dangerfield

1. Introducción

Dieciséis muestras de granitos de grano medio a grueso, poco megacristalinos, y sus equivalentes cataclásticamente deformados, fueron enviados por el Dr. J. Aspden de Overseas Directorate.

Se presentan descripciones individuales de las muestras junto con una tabla de análisis modal de los especímenes no-deformados y menos deformados. El reporte concluye con algunas observaciones del tipo de granito y una secuencia de las características de deformación progresiva.

2. Descripción de los especímenes

- **CR-FV-315. Río Minas-Plutón Tres Lagunas**

Un augen-esquisto o granito cizallado en el cual la esquistosidad está definida por bandas alternantes de cuarzo y material micáceo. Las bandas ricas en cuarzo tienen un ancho promedio de 1-2 mm, las bandas micáceas son menores que 0.5 mm, ambas son subparalelas y ondulosas. Los augens están formados principalmente por megaclastos de ortoclasa y microclina-micropertita, con un poco de cuarzo y plagioclasa, muchos de estos se encuentran deformados. Su tamaño varía entre 2 y 10 mm. Además, en la muestra de mano se puede observar clastos de granito, y todos los augens desvían la esquistosidad.

Las bandas félsicas están casi totalmente compuestas por un mosaico entrelazado de cuarzo de 0.2-0.4 mm de tamaño, con unos pocos cristales más grandes de plagioclasa, y hojuelas de moscovita dispersas.

Las bandas micáceas consisten principalmente en hojuelas elongadas de moscovita, orientadas de forma paralela o subparalela una a otra y a los márgenes de las bandas. Normalmente en los márgenes algunas bandas contienen biotita color oliva a oliva-café, y donde la biotita es común las bandas están espolvoreadas con un óxido de hierro finamente distribuido. Asociada con las bandas con biotita existen *trenes* y agregados de zoisita subhedral a euhedral, este mineral se presenta junto con sericita como un producto de alteración de la plagioclasa. Las bandas micáceas incluyen granates inusuales y en ciertas zonas se encuentra *trenes* finos de hematita tardía.

- **CR-FV-330. Río Negro-Plutón Tres Lagunas**

Un granito de grano grueso con escasos megacristales de cuarzo y feldespato con un tamaño entre 5 y 10 mm. La roca se compone esencialmente de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y un poco de moscovita.

El cuarzo está presente como raros megacristales, agregados de granos entrelazados y parches intersticiales de grano fino. Todos los cristales son anhedrales y la mayoría están un poco deformados.

La plagioclasa se presenta principalmente como cristales subhedrales a euhedrales con tamaño de 2 a 4 mm. En la sección un cristal excede los 8 mm de longitud, por tanto, los megacristales observados en la muestra de mano quizá sean de plagioclasa. El mineral está extensivamente sericitizado, pero parece estar en el rango de albita. El feldespato potásico consiste en cristales de ortoclasa y microclina anhedrales a subhedrales intersticiales, con raros cristales más grandes, de hasta 3 mm de tamaño de una pertita.

La mica principal es la biotita, se presenta como cristales subhedrales muy rasgados de 0.5 a 3 mm de longitud, pocos cristales tienen una leve alteración a penninita. La mayoría contiene diminutos minerales radioactivos con halos pleocroicos, y algunas biotitas tienen inclusiones de apatito. Generalmente, la moscovita es un producto de alteración de la biotita, pero algunos cristales serían primarios.

Los minerales accesorios incluyen circón, apatito, esfena y granate. El circón está asociado con la biotita y probablemente genera los halos pleocroicos en este mineral. Los cristales más grandes son euhedrales a subhedrales, con tamaño de 0.04-0.08 mm. La esfena también está asociada con la biotita, aunque pocos cristales se encuentran dispersos en otras partes de la roca. Los granates son subhedrales con tamaño de 0.08 a 0.2 mm y se encuentran casi invariablemente como inclusiones dentro de la plagioclasa. Además, están concentrados en algunos cristales de plagioclasa, otros en cambio están libres de granate.

La textura de la roca es hipidiomórfica granular-gruesa con una matriz de tamaño promedio de casi 2 mm.

La muestra de mano contiene un pequeño xenolito de pórfido feldespático o riolita microporfirítica.

- **CR-FV-332. Río Negro-Plutón Tres Lagunas**

Un granito cizallado generalmente con una apariencia rayada, definida por láminas discontinuas de mica de 1 a 3 mm de ancho las cuales se desvían alrededor de los augens deformados de cuarzo y feldespato.

Los augens principalmente están compuestos por plagioclasa con unos pocos ejemplares de ortoclasa y cuarzo. Quizás fueron pequeños megacristales en la roca no-deformada. Muchos parecen conservar sus tamaños originales, pero tienen bordes muy rasgados. El maclado lamelar de la plagioclasa ha sido considerablemente perturbado. Las lamelas permanecen rectas, pero han sido rotas irregularmente y transversalmente. Al rotar la platina, los cristales se extinguen en dominios poco definidos y no en la forma normal del maclado lamelar, aunque también existen porciones no-deformadas de estos cristales. Los megaclastos de cuarzo se han salvado de la destrucción, pero tienen efectos de deformación en algunos casos marcados por una extinción ondulante y radial.

Los cristales de plagioclasa de la matriz están poco afectados por la perturbación lamelar, y los pocos feldespatos potásicos permanecen no-deformados. Por lo general, la matriz de plagioclasas está sericitizada, pero es notable que aquellas que forman los augens no lo están. El cuarzo se presenta en bandas irregulares o segregaciones como un mosaico de cristales entrelazados de 0.2 a 0.6 mm de tamaño.

Los cristales más grandes de mica, originalmente de 1.5 mm de diámetro, han sido severamente perturbados y ahora abarcan agregados de biotita o biotita-moscovita fino-granular, con un extenso desarrollo de zoisita. La mica restante se encuentra como láminas discontinuas ondulosas de biotita, moscovita y zoisita, asociadas con granate y esfena inusuales. Algunas de estas láminas están compuestas principalmente por moscovita fino-granular y zoisita euhedral con fragmentos de plagioclasa, probablemente representan la etapa extrema de la perturbación de los cristales de plagioclasa de la matriz.

- **CR-FV-334. Corral Huayco-Plutón Tres Lagunas**

Es un granito de grano grueso, equigranular con mucho cuarzo visible en la muestra de mano.

La sección delgada examinada confirma la presencia de abundante cuarzo, un poco de microclina-micropertita y plagioclasa notablemente sericitizada.

La mayoría de cuarzo se presenta como grandes cristales con deformación, pero en algunos lugares, particularmente en los límites entre grandes cristales y adyacente a los agregados micáceos, se han formado bandas o áreas irregulares de cristales entrelazados fino-granulares.

Existen pocos cristales grandes de feldespato potásico, mientras que la plagioclasa, en el rango de albita, se distribuye con mayor uniformidad. Aunque la plagioclasa está muy sericitizada, pocos cristales pequeños y algunas reducidas áreas de cristales más grandes están casi libres de esta alteración.

Existen agregados de mica (principalmente biotita) distribuidos regularmente por toda la roca, estos son los restos recristalizados de láminas de biotita antes con tamaño de 0.3 a 0.5 mm. La mayoría de agregados contienen relictos rayados de las láminas de biotita originales, un clivaje distorsionado y cubierto por óxidos de hierro opacos polvorientos. Cristales de biotita nuevamente desarrollados cortan a través del clivaje de los cristales originales, partes de los cuales han sido remplazados por moscovita. En muchos casos hay un extenso desarrollo de zoisita subhedral a euhedral. Dentro de los agregados de mica se encuentra esfena, apatito, óxidos de hierro opacos, y cordierita y granate inusuales. La zoisita es un producto de alteración de algunos cristales de plagioclasa; en algunos lugares el granate se encuentra en clústers dentro de este feldespato.

La roca es de grano grueso, con un tamaño promedio de 0.2 a 0.4 mm y, además de la recristalización, conserva una textura esencialmente hipidiomórfica granular.

- **CR-FV-355. La Palizada. Plutón Tres Lagunas**

Es un augen-esquisto o granito cizallado con rayas de material micáceo envolviendo a los augens de feldespato y cuarzo.

Los augens están regularmente bien distribuidos, con tamaños de 1 a 3 mm o inusualmente de 5 mm. Están rodeados por láminas esquistosas subparalelas félsicas y micáceas.

La mayoría de augens están formados por cristales individuales de plagioclasa, varios son elongados y paralelos a la esquistosidad. En algunos casos, el maclado lamelar ha sido destruido, pero donde está presente, el mineral parece estar en el rango de albita-oligoclasa. Pocos augens están compuestos por feldespato potásico o cuarzo y agregados de feldespato. Donde los augens son ecuantes, el cuarzo ha cristalizado en áreas de sombras de presión adyacentes a los cristales de augen.

El resto de la roca consiste en bandas continuas cuarzo-feldespáticas, intercaladas con láminas micáceas ondulosas y discontinuas. En las bandas félsicas la mayoría de cuarzo (el constituyente mayor) y algo de feldespato, es elongado y paralelo a la esquistosidad con un tamaño promedio de casi 0.5 mm. Las láminas micáceas se componen de biotita, moscovita y penninita elongadas y paralelas a la esquistosidad, con rayas y ampollas de óxidos de hierro opacos polvorientos.

La calcita está dispersa irregularmente por todas las bandas félsicas y se presenta particularmente con el cuarzo en las áreas de sombras de presión adyacentes a los augens, un poco ha sido vista dentro de estos mismos cristales relictos. Aunque se encuentra en áreas elongadas y paralelas a la esquistosidad, el clivaje y las maclas lamelares de la calcita no están deformados, indicando que este mineral cristalizó después del principal periodo de deformación.

Los circones son comunes dentro de algunos cristales grandes de biotita, donde han formado halos radioactivos. El granate es un raro accesorio.

- **CR-FV-358. Río Shio-Plutón Tres Lagunas**

Es un augen-esquisto o granito cizallado con augens de feldespato. Esta roca es similar a CR-FV-355, pero tiene augens de menor tamaño y más abundantes, un grano más fino en las bandas félsicas (el promedio de ca. 0.2 mm) y una mayor proporción de material micáceo dispuesto en bandas más persistentes que aquellas de la anterior muestra. La mica es biotita color café muy pálido o moscovita, no se presenta clorita. El circón se encuentra esporádicamente en las bandas cuarzo-feldespáticas. Existen algunos granates triturados en las bandas micáceas.

- **CR-FV-359. Gima-Cuyes**

Es un granito cizallado con una apariencia rayada, las rayas son definidas por las láminas de minerales micáceos. La muestra de mano está levemente manchada con óxidos de hierro. Es una roca granítica de grano grueso con pequeños megacristales de feldespato en una matriz de cuarzo, feldespato y un poco de moscovita dispersa. La matriz ha sido perturbada y recristalizada, y es penetrada por las láminas subparalelas de cristales de moscovita.

Los megacristales de feldespato son principalmente ortoclasa y microclina-micropertita, pero con algo de plagioclasa sericitizada en el rango de albita-oligoclasa. La matriz de feldespato esta compuesta por plagioclasa y feldespato potásico, y en algunas áreas se encuentran como agregados. De forma similar, el cuarzo ha sido formado en rudimentarias bandas de granos recristalizados entrelazados, de 0.2-0.6 mm de diámetro.

Toda la mica es moscovita y ha recristalizado en láminas bastante definidas, pero impersistentes y ondulosas, sólo un pequeño porcentaje permanece en la matriz. Bandas irregulares de óxidos de hierro opacos están asociadas con las láminas de moscovita y se encuentran en todas partes a lo largo de los bordes de los granos. Un megacristal de feldespato ha sido fracturado en tres partes, las grietas han sido invadidas por láminas de moscovita.
Están presentes pocos circones y turmalinas azules. La cordierita se encuentra como cristales subhedrales y está ligeramente alterada a moscovita. El granate es un mineral accesorio inusual. Algo de la textura granítica permanece, pero la matriz ha sido en su mayoría recristalizada. La ausencia de biotita sugiere que la roca ha sido greisenizada antes de la deformación.

- **CR-FV-389A. Río Collay**

Un augen-esquisto con notables y abundantes augens de feldespato de hasta 10 mm de longitud, en una matriz oscura.

La roca contiene muchos augens, principalmente de cristales individuales de feldespato o cuarzo, pero también de agregados de cuarzo. Se observó en la sección delgada que el tamaño de los augens varía entre 0.1 a 0.4 mm de longitud, por lo general son más elongados en la dirección de la esquistosidad.

La matriz entre los augens está ocupada por láminas irregulares, pero generalmente persistentes, de mica y clorita, las cuales rodean a los augens, junto con un mosaico de cuarzo recristalizado. Sólo permanece un poco de plagioclasa en la matriz.

Las láminas micáceas están compuestas principalmente por moscovita, con pocas hojuelas de biotita fina y, zonas elongadas-impersistentes de penninita. Las bandas están rayadas con pequeñas ampollas de óxidos de hierro opacos y gran parte de la moscovita es de grano muy fino. Muy pocos circones están dentro de las láminas micáceas y algunos de los cristales de biotita restantes todavía contienen inclusiones con halos pleocroicos. También está presente granate accesorio. La moscovita está dispersa por todo el mosaico de cuarzo, y en algunas áreas la calcita es abundante como cristales individuales o como agregados. El clivaje y las maclas lamelares no perturbados sugieren que este mineral cristalizó después de la imposición de la esquistosidad. El mosaico de cuarzo y calcita tiene un tamaño de grano promedio de casi 0.2 mm.

La textura granítica de esta roca ha sido virtualmente destruida, sólo los augens de cuarzo y feldespato que representan a antiguos megacristales, permanecen como evidencia de la fábrica original de la roca.

- **CR-FV-493. Malacatos-cuenca norte**

Un granito de grano medio con megacristales de cuarzo y feldespato, y áreas intersticiales fino-granulares. Los megacristales de feldespato son ortoclasa-micropertita con tamaños entre 3 a 5 mm. Los megacristales de cuarzo tienen un tamaño de casi 5 mm.

La porción de grano medio de la matriz está compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y moscovita. El cuarzo es anhedral y la mayoría de la plagioclasa está sericitizada. Algunas biotitas han sido alteradas a moscovita, la clorita no está presente. El tamaño promedio de esta porción de la matriz es de casi 1 mm.

La porción de grano fino de la matriz consiste en mosaicos de cuarzo con pequeñas hojuelas dispersas de biotita y moscovita. Estas áreas tienen un tamaño de grano promedio de 0.1 a 0.2 mm y representarían la fase más temprana de la respuesta del granito a la deformación.

El mineral accesorio más notable es el granate anhedral a euhedral, está disperso irregularmente por toda la roca. Pocos óxidos de hierro opacos están asociados con la biotita.

Con la excepción de las áreas fino-granulares, la roca tiene una típica textura granular hipidiomórfica característica de los granitos.

La muestra de mano contiene un xenolito rico en cuarzo de 40 mm de tamaño que sería parte de un filón o una segregación metamórfica de cuarzo.

- **CR-FV-493B. Malacatos-cuenca norte**

Un granito de grano medio con megacristales de cuarzo y feldespato de hasta 10 mm de tamaño.

La roca es similar a CR-FV-493, pero con menos mosaicos ricos en cuarzo fino-granular. En la sección delgada se observa dos pequeños xenolitos de granito cizallado. Ambos son ricos en mica, gran parte de la biotita está alterada a moscovita. La zoisita es abundante en pequeños parches. En la muestra de mano los megacristales más grandes de cuarzo bien serían xenocristales.

- **CR-FV-498. Malacatos-cuenca norte**

Es un granito de grano medio con pocos megacristales, que ha experimentado un incipiente cizallamiento. Contiene un megacristal de feldespato de casi 30 mm de longitud y otros ejemplares más pequeños.

El megacristal de 30 mm se encuentra en la sección delgada, es una plagioclasa (en el rango de oligoclasa) que ha sido casi completamente remplazada por feldespato potásico (ortoclasa-micropertita). Gran parte de la matriz de feldespato es albita notablemente sericitizada, aunque pocos cristales están prácticamente libres de alteración. En ciertos casos el maclado lamelar ha sido distorsionado.

Algunos cuarzos se presentan como cristales grandes, de 2 mm, pero la mayoría de este mineral se encuentra como agregados, cada uno formando un mosaico de granos entrelazados. Todos los cristales más grandes y algunos de los más pequeños están deformados.

Originalmente la biotita estaba presente como cristales individuales de 2 mm; algunos de estos aún permanecen, aunque completa o parcialmente alterados a moscovita y con un clivaje distorsionado. Sin embargo, gran parte de la biotita se presenta como agregados fino-granulares y como láminas asociadas con moscovita. Estas irregulares y ondulosas láminas también contienen ampollas de óxidos de hierro opacos, esfena, zoisita y un poco de granate (accesorio). Algunas biotitas han sido alteradas a penninita. En las hojuelas más frescas existen diminutas inclusiones, probablemente de circón, con halos pleocroicos. Pocos granates se encuentran como inclusiones en la plagioclasa. Algunos de los cristales anhedrales más grandes de esfena están agrupados en coronas alrededor de cristales de óxidos de hierro opacos.

El tamaño promedio del grano de la matriz es de casi 0.7 mm. La textura es granular hipidiomórfica, pero ha sido perturbada por la formación de una foliación no-penetrativa.

- **CR-FV-602B. Malacatos-cuenca sur**

Un granito cizallado, con pocos megacristales relictos, que está atravesado por una zona de 2-4 mm de ancho de intensa deformación.

No se presentan megacristales en la sección delgada. La mayoría del feldespato es plagioclasa, albita en composición. Mucha de esta albita está muy sericitizada, pero algunos cristales están casi libres de esta alteración. En ambos casos las maclas lamelares de la albita han sido dobladas o curvadas y en algunos lugares están rotas. Las fracturas pueden ser rectas, curvas o irregulares y no siguen ninguna dirección en particular en la roca. En algunas plagioclasas se ha desarrollado un poco de zoisita junto con la sericitización. Se encuentra una mínima cantidad de feldespato potásico.

Existen pocos cristales de cuarzo relativamente grandes y estos están deformados, pero la mayoría del cuarzo forma grandes áreas de mosaicos entrelazados divididos por plagioclasas y las láminas de minerales micáceos.

Están presentes algunas de las láminas originales de biotita, muchas ahora de un tono café pálido. Su clivaje a sido curvado y distorsionado. La mayoría de cristales están espolvoreados con óxidos de hierros opacos y algunos muy alterados a zoisita. En pocos lugares se ha desarrollado epidota y algunos cristales están parcialmente alterados a penninita. Gran parte de la biotita está dispersa en láminas envueltas alrededor de los agregados de plagioclasa y cuarzo, y en ciertos lugares penetran a los mosaicos de cuarzo y a los feldespatos fracturados. Otras biotitas recristalizadas forman áreas irregulares en asociación con moscovita y zoisita. En algunos lugares la biotita recristalizada corta a través del clivaje distorsionado de los cristales originales. Muy pocos granates están presentes. A pesar de que la roca ha sido considerablemente recristalizada aún permanecen relictos de la textura del granito.

Una zona fino-granular de intensa deformación corta perpendicularmente al relicto ígneo y a la fábrica metamórfica de la roca, por tanto, quizás su formación es tardía. La zona está compuesta principalmente por cuarzo granular fino a muy fino con grandes trenes y agregados de zoisita. También incluye láminas de moscovita y hojuelas dispersas de biotita.

- **CR-RB-76. Divisoria de aguas Palora-Huamboya**

La muestra de mano es principalmente un granito de grano grueso. El cuarzo está presente como granos de 2 mm de ancho y en áreas de cristales entrelazados formando un mosaico fino-granular; la mayoría de granos tiene evidencia de deformación.

El principal feldespato es una plagioclasa muy sericitizada, aunque también existe algo de ortoclasa y microclina-micropertita.

La biotita está presente como cristales subhedrales ecuantes, distribuidos de forma bastante irregular por toda la roca. No están distorsionados pero los márgenes de los cristales están muy rasgados y exhiben una incipiente alteración a un agregado fino-granular de moscovita, epidota y zoisita. En pocos lugares la biotita está cloritizada y tiene inclusiones de apatito y circón. Un poco de moscovita está asociada con biotita, y el granate es un accesorio inusual.

La roca tiene una textura granular-gruesa hipidiomórfica con un tamaño de grano promedio de casi 2 mm.

En el espécimen existe un xenolito color gris oscuro, fino-granular. Éste está compuesto por plagioclasas pequeñas y megacristales de cuarzo en una matriz de grano fino de cuarzo, plagioclasa y biotita con un poco de moscovita dispersa. Toda la plagioclasa esta muy alterada a sericita, zoisita y, a un mineral fibroso que se presenta en gavillas radiantes, posiblemente es actinolita. La plagioclasa encierra a pocos granates y circones.

La biotita se encuentra como cristales individuales bien formados, distribuidos uniformemente por toda la roca, pero gran parte ha experimentado alteración marginal a epidota. Las inclusiones de circón son muy raras.

- **CR-RB-223. Plutón Alao**

Una roca granítica de grano grueso rica en biotita, que también contiene segregaciones de schlieren de biotita de hasta 15 mm de diámetro. El cuarzo se presenta como granos gruesos de hasta 5 mm, estos están considerablemente deformados, y se encuentran como un mosaico de cristales entrelazados de 1 a 2 mm. Los megacristales de plagioclasa alcanzan una longitud de 15 mm. La plagioclasa también está en la matriz. Casi todos estos cristales están muy sericitizados, y alterados a una abundante zoisita y en algunos lugares a un mineral fibroso radial que posiblemente es actinolita. La alteración complica la identificación de la plagioclasa, pero parece ser albita. Hay muy poco feldespato potásico.

La biotita está presente en agregados de cristales por lo general de 4 a 5 mm de tamaño. En algunos lugares esta muy alterada a moscovita y rara vez cloritizada. Existen grandes (1mm de diámetro) granates, clústers de cristales de zoisita, ampollas e hilos de óxidos de hierro opacos, apatito, circón y epidota, asociados con los agregados de biotita. La zoisita y la epidota parecen remplazar a la biotita, marginalmente y a lo largo de las grietas internas.

La textura es hipidiomórfica granular, la matriz tiene un tamaño de grano promedio de casi 2 mm.

- **CCR-E-87-14. Mina Peggy**

Un granito con escasos megacristales que ha experimentado una incipiente deformación cataclástica. Los megacristales de feldespato potásico alcanzan los 30 mm y son visibles en muestra de mano.

Los megacristales, aunque perturbados internamente, parecen ser ortoclasa-micropertita. El feldespato de la matriz es principalmente plagioclasa, albita en composición, que ha sido muy sericitizada. En algunos cristales las maclas lamelares están curvadas, y otros contienen numerosos cristales euhedrales a subhedrales de granate.

El cuarzo se presenta como cristales desfigurados, de 1 a 2 mm de tamaño, comúnmente granulados en los márgenes, y en mosaicos entrelazados recristalizados.

La biotita se encuentra en agregados. Existen cristales originales, de alrededor de 2 mm de tamaño, pero tienen un clivaje distorsionado y márgenes rasgados. Un poco de biotita ha sido remplazada por moscovita, pero este mineral no ha recristalizado. Algunas biotitas son verdes, aunque hay poca cloritización. Son comunes las inclusiones de apatito, esfena y óxidos de hierro opacos; el circón es inusual. En ciertos clústers de biotita existen espectaculares coronas de esfena, de 0.5 mm de diámetro, que rodean a material anhedral de óxidos de hierro opacos.

Se observó una turmalina algo granulada.

La textura de la roca es hipidiomórfica granular cataclásticamente deformada. Un clúster rico en biotita, con un tamaño de alrededor de 20 mm, podría ser el remanente de un xenolito.

- **CCR-E-87-14A. Mina Peggy**

Un granito megacristalino de color azul-gris que ha experimentado una incipiente deformación cataclástica. La muestra de mano contiene un megacristal de feldespato potásico de más de 30 mm de longitud.

Los feldespatos de la matriz son albitas muy sericitizadas con un poco de feldespato potásico. Pequeños granates euhedrales son inclusiones comunes en la plagioclasa y en algunos casos el feldespato tiene desarrollo de zoisita. Algo de cuarzo se presenta como cristales de 1 mm o menos, deformado y granulado en el margen, pero gran parte de este mineral se encuentra en forma de mosaico de cristales entrelazados de 0.05 a 0.2 mm de diámetro.

La biotita se presenta como cristales individuales y en agregados o clústers. El mineral es café verdoso y en algunos lugares está alterado a penninita. Por lo general, el clivaje está distorsionado y los márgenes del cristal están rasgados. Existe algo de alteración a moscovita. No hay nuevos cristales de biotita. Son comunes las inclusiones de apatito, óxidos de hierro opacos y esfena, la última forma coronas de hasta 0.5 mm de diámetro alrededor del óxido de hierro. Pocas inclusiones diminutas tienen halos radioactivos y un poco de granate está asociado con la biotita. La textura es granular-gruesa hipidiomórfica, la matriz tiene un tamaño de grano promedio de 2 a 3 mm.

3. Análisis modal

El análisis modal fue llevado a cabo en secciones delgadas de ocho especímenes, en cada caso se contaron 1000 puntos. Los resultados son los siguientes:

Muestra No.	330	334	493	493B	602B	76	223	14A
Cuarzo	33.7	57.8	57.8	49.9	39.6	41.9	35.4	45.8
Feldespato-K	13.1	10.9	6.1	2.1	3.4	0.7	0.4	5.4
Plagioclasa	34.9	13.6	15.1	26.9	29.8	40.0	40.7	31.5
Biotita	15.2	13.9	11.6	12.1	18.6	11.7	15.1	9.0
Moscovita	2.3	1.0	8.5	8.5	3.6	3.6	5.2	3.7
Clorita	0.2	1.7	-	-	1.2	0.2	0.4	3.7
Zoisita	tr	0.5	-	tr	3.8	1.6	0.3	0.1
Apatito	0.1	tr	-	-	-	0.1	0.2	0.3
Granate	0.3	0.3	0.8	0.5	tr	tr	2.0	0.3
Esfena	0.2	0.2	-	-	-	tr	0.2	0.2
Óxido opaco	tr	0.1	0.1	tr	tr	0.2	0.1	tr
TOTAL	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

tr. (traza) indica que el mineral fue visto en la sección, pero no contado.

4. Comentarios generales

4.1 Tipos de granito

Aunque las principales distinciones entre granitos tipo-S y tipo-I son químicas, algunas características petrográficas que reflejan diferencias en la composición química pueden ser usadas como indicadores del tipo de granito (Chappell y White, 1974).

Las siguientes características indicarían que estos granitos son tipo-S:

(1) Todas las rocas son granitos *sensu stricto* y el cuarzo modal es alto de modo que SiO_2 probablemente también es alto.

(2) La biotita está presente excluyendo a la hornblenda.

(3) La biotita modal es alta.

(4) La moscovita está presente en todos los granitos y en algunos es relativamente abundante.

(5) El granate está presente en todos los especímenes y existe cordierita en dos muestras.

(6) En unos pocos especímenes existe apatito como cristales individuales.

Por otro lado, se considera dos características que indicarían un granito tipo-I:

(1) En algunas muestras el apatito se presenta como inclusiones en la biotita.

(2) Existe esfena en algunos especímenes, aunque probablemente como un producto de alteración, mientras que no se registró monacita.

Sólo por la evidencia petrográfica, este conjunto parecería ser tipo-S.

4.2 Metamorfismo progresivo cataclástico

Aunque el número de especímenes es limitado, es posible dividirlos en pequeños grupos que parecen exhibir etapas del metamorfismo progresivo cataclástico del granito. Tentativamente se sugiere que las características petrográficas pueden ser usadas para definir la secuencia de las etapas en tal metamorfismo progresivo. Las características de las transformaciones mineralógicas del metamorfismo dinámico comienzan antes de que ocurra alguna modificación textural importante. Entre las más tempranas de éstas se encuentra a la sericitización de los feldespatos y la producción de zoisita a partir de plagioclasa (Harker, 1960, pp. 273-274).

En una etapa temprana también puede suceder la recristalización y, conforme aumentan los esfuerzos, le siguen transformaciones estrictamente más mecánicas, las mismas que pueden continuar hasta una etapa tardía.

Respecto a este conjunto de especímenes de granito, se puede indicar la siguiente secuencia de etapas:

(1) Algo de mosaicos de cuarzo recristalizado.
Plagioclasa sericitizada y alteración a zoisita.

(2) Considerable desarrollo de mosaicos de cuarzo recristalizado.
Biotita con bordes rasgados y marginalmente recristalizadas; clivaje distorsionado.

(3) Mosaico de cuarzo completado.
Micas con clivajes distorsionados; algo de recristalización.
Feldespatos con maclas lamelares dobladas o fracturadas.
Desarrollo de láminas de mica no-penetrativas.

(4) El mosaico de cuarzo forma láminas bien desarrolladas.
Micas perturbadas y/o parcialmente recristalizadas.
Se forman augens definidos.
Desarrollo de láminas de mica penetrativas.

(5) Desarrollo de láminas de cuarzo continuas.
Láminas de mica completas.
Augens bien formados comúnmente con sombras de presión.
Esquistosidad completada.

Referencias

CHAPPELL B. W. AND WHITE A. R. J. (1974) Two contrasting granite types. Pacific. Geol. Vol. 8, pp. 173-174.

HARKER A. (1960) Petrology for Students. Cambridge University Press.

APÉNDICE 8

Edades Potasio-Argón para minerales de la Cordillera Real, Ecuador

NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

SCIENTIFIC SERVICES

ISOTOPE GEOLOGY CENTRE

64 Gray’s Inn Road, LONDON WC1X 8NG

Reporte No. NIGC 88/7

Edades Potasio-Argón para minerales de la Cordillera Real, Ecuador

por

C. C. Rundle

Cuarto informe de progreso que documenta el trabajo realizado para el Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real por parte de ODA/BGS

Noviembre 1988

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

1. Introducción

Este reporte presenta los resultados de la datación K-Ar de 75 concentrados de mineral separados de un conjunto de rocas recolectadas en Ecuador en junio y julio de 1987. Anteriores reportes en esta serie se enfocaron en: (1) una datación K-Ar piloto de separados de mineral proporcionados por los colaboradores de BGS en Ecuador (BGS Isotope Geology Unit Report 87/5); (2) documentación del programa de muestreo de campo (IGU 87/12) y (3) discusión de los resultados del análisis Rb-Sr de estas muestras (NIGC 87/1).

En pocos casos los resultados K-Ar aquí presentados son nuevos datos obtenidos para muestras que no fueron adecuadas para la datación Rb-Sr, pero la mayoría son de separados de mineral de las mismas muestras usadas en el estudio Rb-Sr, de modo que se pueda realizar una comparación entre los dos métodos para apoyar a la interpretación de los anteriores resultados, y con el fin de obtener información acerca de la historia subsecuente de estas rocas después del emplazamiento. Debe notarse que este reporte es escrito para el beneficio y asistencia de los geólogos de campo y por tanto se concentra en la interpretación de los datos en términos de su confiabilidad e importancia. Está previsto que este reporte, junto con el anterior de dataciones Rb-Sr, sea incorporado a una publicación que relacionará los datos isotópicos con la evolución geológica de la zona.

Al igual que en el anterior estudio, la pobre exposición y alto nivel de meteorización en la Cordillera Real hizo que la selección y recolección de muestras sea un asunto bastante irregular, y la subsecuente carencia de descripciones petrográficas detalladas hizo que la selección de muestras para separados de mineral sea un proceso algo arbitrario. Consecuentemente, en algunos casos la interpretación de los datos es complicada y subjetiva; se espera que esto pueda ser mejorado cuando los estudios petrográficos hayan sido completados. A partir de algunos resultados es evidente que ciertos minerales fueron mal identificados en el campo y en muchos casos se analizó material muy alterado.

Además, debido al limitado tiempo y el insuficiente apoyo por parte del personal en los laboratorios Gray's Inn. Rd., se realizaron separaciones de mineral preliminares en Ecuador. Para esto se requería un simple procedimiento y de algunas decisiones algo arbitrarias en las etapas tempranas, de modo que se obtenga un tamaño de grano adecuado. Desafortunadamente, una inspección subsecuente reveló que en algunos casos los cristales individuales eran más pequeños que el tamaño de grano escogido, por lo que se analizaron granos compuestos. En la mayoría de casos el material contaminante era el cuarzo, que es inerte en lo que respecta a la datación K-Ar y no debería afectar a la edad – pero si afecta a la homogeneidad de la muestra y por consiguiente a la reproducibilidad de los análisis.

A pesar de estos problemas, se considera que se obtuvo suficientes datos, de forma que los resultados anómalos pueden ser identificados y descartados. La mayoría de muestras proporcionó datos coherentes que aportan a la comprensión del desarrollo de las rocas de la Cordillera Real.

2. Detalles analíticos

En Ecuador se realizó una separación preliminar de minerales máficos de félsicos usando líquidos pesados, y los tipos ricos en Fe fuertemente magnéticos fueron removidos usando un imán de mano. Sólo la fracción máfica, débilmente magnética, fue enviada a los laboratorios de Isotope Geology en Londres. Después del estudio microscópico los concentrados minerales fueron aún más purificados usando una serie de mezclas calibradas, de densidad intermedia de Di-iodo-metano y Tri-etil-orto-fosfato, seguido por una separación electro-magnética en un separador magnético Frantz. El potasio fue determinado, por lo menos con análisis duplicados, usando el fotómetro de llama de Laboratorio de Instrumentación IL543 con litio como estándar interno. Las determinaciones de estándares '*internos*' sugieren que una precisión de ± 1% (1 sigma) es razonable para la mayoría de muestras, incluso cuando algunos duplicados resulten ser mejores que esto. Los valores de estándares internacionales por lo general están dentro de este error del resultado aceptado.

En el caso de algunas muestras alteradas y heterogéneas las determinaciones duplicadas estuvieron fuera de este rango, por lo que análisis adicionales fueron necesarios. El error indicado en la tabla de resultados, y usado en el cálculo del error de la edad, es el error estándar de estas medidas.

El argón fue extraído por fusión en una cámara de vacío mediante calentamiento por inducción de radiofrecuencia externa, y analizado por el método de dilución de isótopos en un espectrómetro de masas VG Isotopes MM1200. El error en la determinación de argón radiogénico mostrado en la tabla es parcialmente dependiente de la cantidad de argón atmosférico contaminante, que a veces se refleja en el grado de alteración deutérica y por tanto varía considerablemente entre muestras diferentes. El sistema de *picos* de argón fue calibrado de acuerdo con estándares internacionales, por consiguiente, se puede esperar que los resultados sean precisos dentro de los límites del error analítico. En algunos casos cuando un conjunto coexistente de muestras sea analizado y un resultado en particular parezca anómalo, entonces se realiza un segundo análisis para verificar la precisión y reproducibilidad. Esto es presentado en la tabla de resultados analíticos al final de este reporte.

Las edades fueron calculadas usando las constantes de decaimiento y otras sugeridas por Steiger y Jäger (Earth Planet. Sci. Lett. 36, 359-362, 1977) y los errores de las edades se entregan con un 95% de nivel de confiabilidad.

3. Discusión de los resultados

3.1 Diorita Pimampiro

La hornblenda y biotita coexistentes de la muestra 1A indican una buena concordancia en edad, con un promedio de 81 ± 3 Ma. Esto probablemente refleja un evento geológico, ya sea un rápido enfriamiento después de la intrusión o un completo reseteo durante un gran evento de recalentamiento. Si hubiese ocurrido un lento enfriamiento o una parcial perturbación de los isótopos entonces los sistemas de los dos minerales se hubiesen comportado diferente y no tendrían la misma edad. Sin embargo, debe notarse que la muestra de biotita tiene un contenido bajo de K sugiriendo una alteración parcial a clorita (esto debe ser confirmado en el estudio de secciones delgadas) y por tanto es posible que haya perdido algo de argón – la coincidencia de edades sería fortuita. La moscovita de una aparentemente veta pegmatítica transversal (muestra 1B, de un bloque rodado de un drenaje) es considerablemente más joven con 50 ± 3 Ma; se presume que refleja una actividad hidrotermal tardía.

Sin embargo, los resultados de la muestra 1C indican una importante diferencia entre dos minerales. La aparente edad para la hornblenda es más antigua que aquella de la 1A, mientras que la de la biotita es más joven. Puesto que se conoce que la temperatura de bloqueo para la difusión del argón es más alta en la hornblenda que en la biotita se sugiere que este patrón de aparentes edades indicaría un enfriamiento lento o reseteo incompleto de esta muestra. Se debe señalar que la muestra 1C fue recolectada algunas decenas de kilómetros lejos de la 1A, en el otro lado del valle, y no hay garantía que ambas sean del mismo plutón. Además, es una roca de grano más grueso con grandes megacristales de anfíbol y es posible que haya tenido una tasa de enfriamiento más prolongada que 1A.

Por tanto, es imposible decir si estos resultados discordantes para 1C se deben a la sobreimpresión parcial o enfriamiento lento, en todo caso, es posible que la edad original de emplazamiento sea mayor que ca. 90 Ma. Los datos de 1A implicarían que el enfriamiento final (o reseteo) ocurrió en alrededor de 80 Ma y parecería que un recalentamiento subsecuente, posiblemente asociado con la inyección de pegmatita en ca. 50 Ma (muestra 1B), ocasionó una pérdida adicional de argón de la biotita en 1C.

A pesar de estas incertidumbres de la interpretación, se puede considerar que la intrusión de Pimampiro (si existe sólo una entidad) probablemente fue emplazada en el Cretácico Tardío.

3.2 Ortogneis Chingual

Se ha obtenido una edad Rb-Sr de 156 ± 21 Ma, con una proporción inicial baja, que es interpretada como indicando el emplazamiento en el Jurásico Medio. En el presente estudio se ha utilizado tres muestras de biotita separadas de las mismas muestras usadas en la isócrona de roca-total Rb-Sr, obteniendo cantidades considerablemente diferentes de potasio, aunque con aparentes edades K-Ar similares. La edad promedio de 19 ± 1 Ma es interpretada como un evento de recalentamiento en esta área en el Mioceno Temprano.

3.3 Ortogneis Sacha

Debido a la inaccesibilidad y pobre exposición, sólo se recolectó una muestra de un bloque rodado en un drenaje. Ésta fue identificada en el campo como una tonalita variablemente foliada, de grano medio, con biotita + hornblenda. Otros bloques similares en el área contenían abundantes xenolitos máficos. Los geólogos de campo tenían la opinión de que estaría relacionada al 'gneis' Chingual, a pesar de que en éste no se ha observado anfíbol. La biotita y la hornblenda de esta roca registran edades notablemente diferentes, y ambas son en gran medida mayores que los resultados K-Ar para Chingual; aunque muy menores que las obtenidas por Rb-Sr. Esto sería producto de una sobreimpresión parcial durante un evento de ca. 20 Ma registrado en Chingual, pero da muy poca evidencia de la edad original de la roca de Sacha o su relación con Chingual.

3.4 Dique de anfibolita de Papallacta

Una exposición extremadamente limitada significó que sólo sea posible recolectar una muestra de este dique. La hornblenda aparece relativamente fresca en la muestra de mano (eso se debe confirmar con los estudios petrográficos) y se obtuvo un separado de mineral razonablemente puro y homogéneo para el análisis. La aparente edad de 367 ± 5 Ma es la más antigua encontrada en este estudio y, si fuese correcta, implicaría que los esquistos verdes cortados por este dique son el material más antiguo del basamento encontrado en la Cordillera Real. Sin embargo, siempre hay una posibilidad de contaminación por exceso de argón, particularmente en muestras de bajo K, que genera una falsa edad antigua, por lo que no es prudente confiar en datos de sólo una muestra. Se considera importante que otros diques similares, y muestras de material del basamento, sean analizados antes de considerar a estas rocas con toda confianza como del pre-Carbonífero.

3.5 Granito de Abitagua

En muestra de mano todos los minerales máficos en esta intrusión parecen muy alterados y muchas biotitas tienen un tono verdoso sugiriendo una extensa cloritización. Consecuentemente la separación mineral fue muy complicada debido a que los concentrados tanto de biotita como de anfíbol tienen un amplio rango de densidades y susceptibilidades magnéticas. En particular, esto se ve reflejado en el contenido bajo de K en lo que se ha identificado como biotita. Los resultados de todas las muestras del afloramiento septentrional, y una 'biotita' de muy bajo K del sur, entregan edades K-Ar aparentes que son considerablemente menores que la edad de isócrona Rb-Sr para esta intrusión (162 ± 1 Ma); claramente indican el efecto de la pérdida de argón debido a la alteración. Si se hubiese contado con una descripción petrológica para ayudar a la selección, es probable que estas muestras hubiesen sido descartadas para datación K-Ar.

Sólo dos muestras proporcionaron edades aparentemente útiles. La hornblenda del granito (muestra 6A) entregó una edad promedio de 158 ± 6 Ma (indistinguible de la edad Rb-Sr), mientras que un dique andesítico transversal (muestra 7) dio un resultado aparentemente más antiguo (171 ± 6 Ma). Sin embargo, se debe señalar que a pesar de que los límites de error 2-sigma de estos resultados no se superponen, estos errores son el error estándar de la media, que no sería adecuado cuando sólo se involucran determinaciones duplicadas. Si se utiliza los cálculos individuales de precisión analítica, entonces estos resultados no son considerablemente diferentes a un 95% de nivel de confiabilidad y quizás la mejor representación del cálculo de la edad está entre 160-170 Ma. Esto es razonablemente concordante con una edad K-Ar en biotita citada por Herbert y Pichler (1983; 178 Ma) y, con aquella de hornblenda de un bloque encontrado en el Río Zuñag (ADML-5; 169 ± 6 Ma) reportada en el anterior estudio piloto K-Ar. Por tanto, las edades K-Ar más confiables son concordantes con las de Rb-Sr, de modo que en conjunto estos resultados sugieren firmemente que el emplazamiento del granito de Abitagua sucedió en el Jurásico Medio.

3.6 Plutón Azafrán

Aunque por su apariencia foliada se asumió que este plutón es más antiguo que el de Abitagua, la edad de isócrona Rb-Sr, reportada con anterioridad, fue considerablemente más joven, en 120 ± 5 Ma (cf. 162 Ma para Abitagua). De forma similar la edad K-Ar de biotita, tanto de un espécimen alterado de una muestra de granito normal (8E) como de un espécimen fresco de alto K de una veta transversal rica en biotita (9), es en gran medida más joven que la de Abitagua. Además, la edad K-Ar de 49 ± 3 Ma es considerablemente más joven que la obtenida por Rb-Sr para Azafrán, y quizás refleja un evento termal tardío – aunque esto no es registrado en ninguna de las muestras adyacentes de Abitagua. Podría ser relevante que la edad K-Ar más joven obtenida de las muestras de Abitagua sea un poco más antigua, pero dentro del error, que la edad Rb-Sr de Azafrán, sugiriendo que el subsecuente emplazamiento de Azafrán fue el responsable de la pérdida de argón de algunas muestras de Abitagua.

3.7 Granodiorita Río Verde

Los geólogos de campo consideraban que estaba relacionada a la intrusión Azafrán o a la Abitagua. La anterior investigación Rb-Sr no ayudó a resolver esta incertidumbre debido a que las muestras tenían proporciones Rb/Sr muy bajas y similares, y se encontraban en el extremo inferior de ambas isócronas de los granitos. Dos muestras notablemente frescas, muy semejantes de diorita/tonalita (identificación de campo) con hornblenda + biotita fueron recolectadas de una exposición de 30 m en la ribera, a cada lado de lo que parecía ser una franja (*raft*) grande de una roca caja esquistosa. Ambas muestras proporcionaron especímenes aparentemente frescos de biotita y hornblenda (eso debe ser confirmado petrográficamente), sin embargo, aunque en los dos casos las edades K-Ar son concordantes para los minerales coexistentes, las edades promedio para cada espécimen son muy diferentes entre ellas.

La muestra 10A, de la parte norte de la exposición, entregó una edad de 128 ± 5 Ma, que es muy similar a la edad Rb-Sr de Azafrán, mientras que la muestra 10B, de la parte sur, más cercana al afloramiento de Azafrán, entregó una edad de 174 ± 3 Ma – similar a la de Abitagua (y similar a la edad K-Ar de 171 ± 5 Ma de la muestra ADML-4, de un bloque en el Río Verde, anteriormente reportada).

Debido a que estas edades están definidas por pares minerales, coexistentes, relativamente inalterados, se debe concluir que registran auténticos eventos geológicos. En vista de la proximidad de los dos sitios de recolección es inconcebible que 10B no haya sido afectada por el evento de ca. 128 Ma registrado en 10A, si hubiesen estado tan cerca en aquel tiempo, y por tanto se concluye que la zona de roca esquistosa representa una cizalla mayor que subsecuentemente acercó a las dos muestras. Se sugiere que se recolecten muestras adicionales de esta zona esquistosa con el fin de determinar la edad de cizallamiento – que podría ser la causa de las edades K-Ar de ca. 50 Ma registradas en las biotitas de Azafrán. Por tanto, la intrusión Río Verde no parece ser una sola entidad y los datos isotópicos sugieren que contendría componentes relacionados a los dos plutones mayores. Una investigación petrológica y geoquímica sustentaría esta conclusión.

3.8 Gneis con granate de Agoyán

Tres especímenes de mica blanca, identificadas en muestra de mano como moscovita, fueron separados de esta roca, pero se observó que no eran comunes y todas tenían una apariencia gris-verdosa. Los valores de potasio claramente demostraban una mala identificación de estos minerales y sugerían que se trataba de una variedad rica en sodio, paragonita – esto necesita ser confirmado. Debido al bajo contenido de K estas muestras produjeron cantidades relativamente pequeñas de argón radiogénico. Por tanto, el porcentaje de contaminación atmosférica fue alto y esto ocasionó un incremento en el error de la edad calculada. Sin embargo, todas las edades concuerdan dentro del error analítico y tienen un promedio de 76 ± 3 Ma. Esto se compara favorablemente con edades publicadas en el rango de 54 a 79 Ma, algunas de indiscutibles moscovitas de alto K, y sugieren que estas micas de bajo K serían geocronómetros confiables.

Es evidente que un extenso y dominante evento termal afectó a las rocas en esta área en el Cretácico Tardío y, la interpretación más simple indica que esto representa la gneisificación principal. La edad de 417 Ma reportada por Evernden (1961) de granates del gneis de Agoyán no fue confirmada.

En el trascurso de este estudio se separaron granates para datación Sm-Nd. Desafortunadamente no hubo suficiente tiempo durante la Fase 1 de este proyecto para realizar estos análisis. Sin embargo, se debe notar que probablemente los granates cristalizaron al mismo tiempo que las micas (esto debe ser confirmado con estudios petrográficos), por tanto, se puede esperar que registren la misma edad. Si así fuese, entonces, quizás los análisis Sm-Nd no entreguen algún resultado útil debido a que la edad es muy joven para este método. Este planteamiento sería apropiado sólo si la edad original de los granates es considerablemente más antigua (por ejemplo > 300 Ma), y si la edad de las micas refleja un evento relativamente moderado que no afectó al sistema Sm-Nd.

3.9 Granodiorita de Pungalá

La hornblenda y biotita en las muestras 12A y 12B estaban muy alteradas y fueron difíciles de separar, de modo que sólo se analizó el concentrado máfico. Sin embargo, los resultados tienen buena concordancia con aquellos separados de biotita y hornblenda relativamente frescos de la muestra 12C, los mismos que tienen edades similares. De acuerdo con los geólogos de campo la intrusión está relativamente inalterada y no foliada. Está rodeada por volcánicos jóvenes y se piensa que es relativamente joven. Consecuentemente se sugiere que la edad promedio de 43 ± 2 Ma refleja un evento isotópico mayor que quizás registra el emplazamiento de esta roca en el Eoceno.

3.10 Granodiorita de Magtayán

A pesar de las cuatro horas de viaje a lo largo de rutas lodosas virtualmente impasables no se encontró un afloramiento in situ de esta roca. Por consiguiente, se recolectó tres muestras de bloques ampliamente separados que sobresalían de la turbera. Debido a que los sitios de recolección se encuentran en la cuenca intramontañosa se asumió que los bloques venían de muy lejos, de riscos inaccesibles considerados como el afloramiento de esta intrusión. Las muestras 13A y 13C son granodioritas de grano medio con hornblenda + biotita, muy similares (con muy poca biotita en 13C), aunque 13B era una variedad más rica en hornblenda, con grano más grueso, sin evidente biotita.

La biotita de la muestra 13A entregó una edad que es en gran medida más joven que aquellas de las hornblendas en 13B y 13C, pero se debe señalar que tiene un contenido de K relativamente bajo y se presume que está muy alterada (esto debe confirmarse en la sección delgada). La hornblenda en esta muestra también parece ser un poco más joven, pero esto se explicaría por la alteración. Sin embargo, los resultados no son muy diferentes entre ellos y es posible que esta intrusión haya sido emplazada alrededor de 75-80 Ma, en el Cretácico Tardío.

3.11 Granito de cuarzo azul Mina Peggy

Tres muestras de esta roca han entregado una edad poco confiable de errorcrona Rb-Sr de roca-total de 82 ± 28 Ma con una alta proporción inicial de estroncio que implica un reseteo o derivación de material cortical preexistente. En el presente estudio se separó y dató por K-Ar a una biotita relativamente fresca (alto contenido de K) de dos de estas muestras. Los resultados son concordantes, con un promedio de 84 ± 2 Ma e idénticos (dentro del error) con el resultado Rb-Sr. Una vez más, esto sugiere un evento mayor en el Cretácico Tardío y es notable que esta intrusión se encuentra a lo largo del rumbo de las muestras de Magtayán, (ver arriba).

3.12 Volcánicos Paute

Se presume que estas rocas fueron originalmente lavas andesíticas, pero ahora están muy alteradas. Se piensa que son parte de una de las Formaciones más antiguas del área. Se recolectó dos muestras de exposiciones muy malas y se separó fenocristales máficos para su análisis. Estos fueron identificados en el campo como hornblenda, pero la muestra 15B en particular posee un contenido muy bajo de K y probablemente sea actinolita (esto debe ser confirmado). Las dos muestras tienen altas proporciones de contaminación de argón atmosférico (debido al bajo contenido de K) y consecuentemente existen altos errores en las edades calculadas. Las dos edades concuerdan una con otra dentro del error analítico (108 ± 8 Ma para 15A y 142 ± 36 Ma para 15B), pero es posible que reflejen una sobreimpresión parcial durante el evento del Cretácico Tardío y no las edades originales de estas rocas.

3.13 Batolito Zamora

Los datos Rb-Sr de estas rocas estaban muy dispersos y señalaban una severa perturbación en los sistemas isotópicos. Sin embargo, había fuertes indicaciones de un evento tardío asociado con el vetilleo de felsita en alrededor de 180 Ma (Jurásico Temprano) y sugerencias de una edad original de 240 Ma (Triásico Temprano). Los datos K-Ar también son enigmáticos. La separación mineral fue particularmente difícil y el contenido de bajo K sugiere que muchos de los minerales separados están muy alterados y/o son mezclas de diferentes especies (esto requiere la verificación petrográfica y la identificación de las muestras menos alteradas). Además, debido a la poca exposición, en varios casos se muestreó bloques o afloramientos individuales aislados – asumiendo que todas las rocas del área estuviesen relacionadas de algún modo al batolito principal de manera que ayuden a delimitar su edad.

En algunos casos esta suposición no parece haber sido bien sustentada. Particularmente la muestra 20 de una exposición aislada, y la muestra 22F de un bloque en un drenaje, son en gran medida más jóvenes que la mayoría y posiblemente representan eventos tardíos en ca. 125 Ma y 20-30 Ma, respectivamente. La muestra 16C estaba muy epidotizada y también entregó una edad joven, aunque con un error muy alto. Todas las otras muestras analizadas cayeron en el rango de 153 ± 12 Ma (Jurásico Medio) a 222 ± 13 Ma (Triásico Tardío), las cuales parecen concordar de manera general con los datos Rb-Sr.

Sin embargo, es notable que dos pares hornblenda-biotita del afloramiento nororiental (21A y 21G) entregasen edades muy concordantes con una media de 154 ± 4 Ma; esto también es registrado en una hornblenda de FV-60 (151 ± 5 Ma) del estudio anterior. Se considera que esta edad refleja un evento isotópico significativo que presumiblemente fue un episodio de recalentamiento o actividad hidrotermal que reseteó los sistemas isotópicos, y no representa al emplazamiento inicial del batolito.

Otras dos muestras, supuestamente del batolito Zamora, fueron datadas en el anterior estudio y entregaron edades K-Ar para biotitas de 83 ± 2 Ma y 97 ± 3 Ma. Éstas son consideradas como el resultado de una tardía pérdida parcial de argón. Además, sólo una muestra proporcionó una edad en exceso de 200 Ma. Esto es un separado de hornblenda de la muestra 18 que corresponde a un bloque de andesita porfirítica de un pequeño río, los geólogos de campo pensaban que representaba a un caparazón volcánico temprano del principal batolito. Aunque la concordancia entre este resultado y algunos de los datos Rb-Sr parezcan dar credibilidad a esta sugerencia, no sería prudente confiar tanto en sólo una edad K-Ar, por lo que firmemente se propone analizar más muestras de esta 'fase volcánica temprana' (preferiblemente del afloramiento in situ) con el fin de fundamentar esta edad.

3.14 Migmatita Sabanilla

Esta roca fue originalmente descrita como un granito metasomático. Ocho muestras de una variedad de fases entregaron resultados Rb-Sr muy dispersos (documentados en el anterior reporte), sugiriendo una edad alrededor de 230-240 Ma; similar al cercano batolito Zamora. Tres muestras muy frescas de biotita fueron separadas de aquí y analizadas para K-Ar. Todas entregaron edades similares con un promedio de 82 ± 2 Ma. Esto es muy diferente a cualquier resultado de Zamora, pero similar a aquellos obtenidos de la Mina Peggy, Paute, y Magtayán, los cuales se encuentran aproximadamente a lo largo del rumbo, pero más al norte. Por consiguiente, estas edades indicarían una extensión meridional de la zona de actividad del Cretácico Tardío.

3.15 Complejo de basamento Valladolid

Una extensa área de material gnéisico con pésima exposición, muy alterado y de compleja estructura, cortada por una variedad de vetas y diques tardíos. Pocos de estos estaban expuestos en cortes de vía y parecían contener anfíboles y micas relativamente frescos, de modo que fueron recolectados en un intento para delimitar una edad mínima de las rocas del basamento. La muestra 24A corresponde a un dique de anfibolita con biotita y hornblenda. Los dos minerales entregaron edades discordantes, la hornblenda con 132 ± 5 Ma, notablemente mayor que la biotita con 76 ± 3 Ma. Las otras tres muestras fueron de vetas pegmatíticas de cuarzo-mica. Las muestras 24B (biotita) y 24D (moscovita) proporcionaron edades casi idénticas de 77 ± 3 Ma y 72 ± 2 Ma respectivamente (concordantes con la biotita en 24A), mientras que la moscovita de grano grueso en la muestra 24C es aparentemente un poco más joven con 65 ± 2 Ma.

Estos datos indicarían un importante evento isotópico en ca. 70-75 Ma (Cretácico Tardío); la edad más joven de la mica de grano grueso probablemente es atribuible al bajo retenimiento de este espécimen. La edad de ca. 130 Ma registrada en la hornblenda quizás es el resultado de la sobreimpresión parcial en este tiempo, pero también sugiere que las rocas del complejo de basamento podrían ser del Jurásico Tardío.

3.16 Plutón Río Mayo

En el anterior estudio Rb-Sr, cinco muestras de material tonalítico-diorítico de grano medio que parecían ser la fase más temprana en una secuencia muy compleja de eventos magmáticos (ver anterior reporte) entregaron una edad poco definida de 144 ± 35 Ma. En el presente estudio la hornblenda de un dique porfídico transversal ha proporcionado una edad de 143 ± 7 Ma, que presumiblemente establece una edad mínima para esta intrusión. Sin embargo, tres muestras de la fase principal del plutón, entregaron edades concordantes, aparentemente confiables de pares de hornblenda-biotita coexistentes, con un promedio general de 179 ± 5 Ma, que con mucha posibilidad refleja la edad de emplazamiento de esta roca entre el Jurásico Temprano a Medio.

3.17 Plutón de Portachuela

Siete muestras de un tipo de roca muy variable de exposiciones separadas a lo largo de un nuevo corte de vía fueron analizadas para Rb-Sr. Debido a la mala exposición y carencia de un previo mapeo detallado o estudio petrográfico, no es seguro si éstas representan diferentes fases de un único evento magmático o son intrusiones completamente separadas. Seis de estas muestras tienen proporciones Rb-Sr muy similares y entregaron una nube de puntos en el diagrama de isócrona del que no fue posible calcular alguna edad. Una muestra (27F) tenía una proporción Rb-Sr más alta y cuando fue incluida la edad calculada resultó ser de 33 ± 11 Ma (MSWD = 96).

Cuatro de estas muestras fueron seleccionadas para separación mineral y análisis K-Ar. La hornblenda y biotita coexistentes de 27F entregaron edades concordantes con un promedio de 22 ± 5 Ma, y los minerales de otras dos muestras no se diferencian tanto de este resultado. El promedio general de 20 ± 2 Ma es probablemente un buen cálculo de la edad de esta(estas) intrusión(es), esto junto con la edad Rb-Sr sugieren que el emplazamiento sucedió en el Mioceno Temprano. Sólo la muestra 27A, del extremo final de la travesía, proporcionó una edad notablemente diferente, de 12 ± 1 Ma. Esta muestra es inusual en el sentido de que pertenece a una facies subvolcánica, porfirítica, fino-granular, en el campo se observó que quizás no es parte del mismo plutón. En muestra de mano la biotita separada de aquella muestra parece prácticamente fresca, esto se confirma por el contenido relativamente alto de K. Por tanto, sería posible que esta edad sea confiable y que indique un emplazamiento mucho más tardío de esta roca.

3.18 Plutón de Catamayo

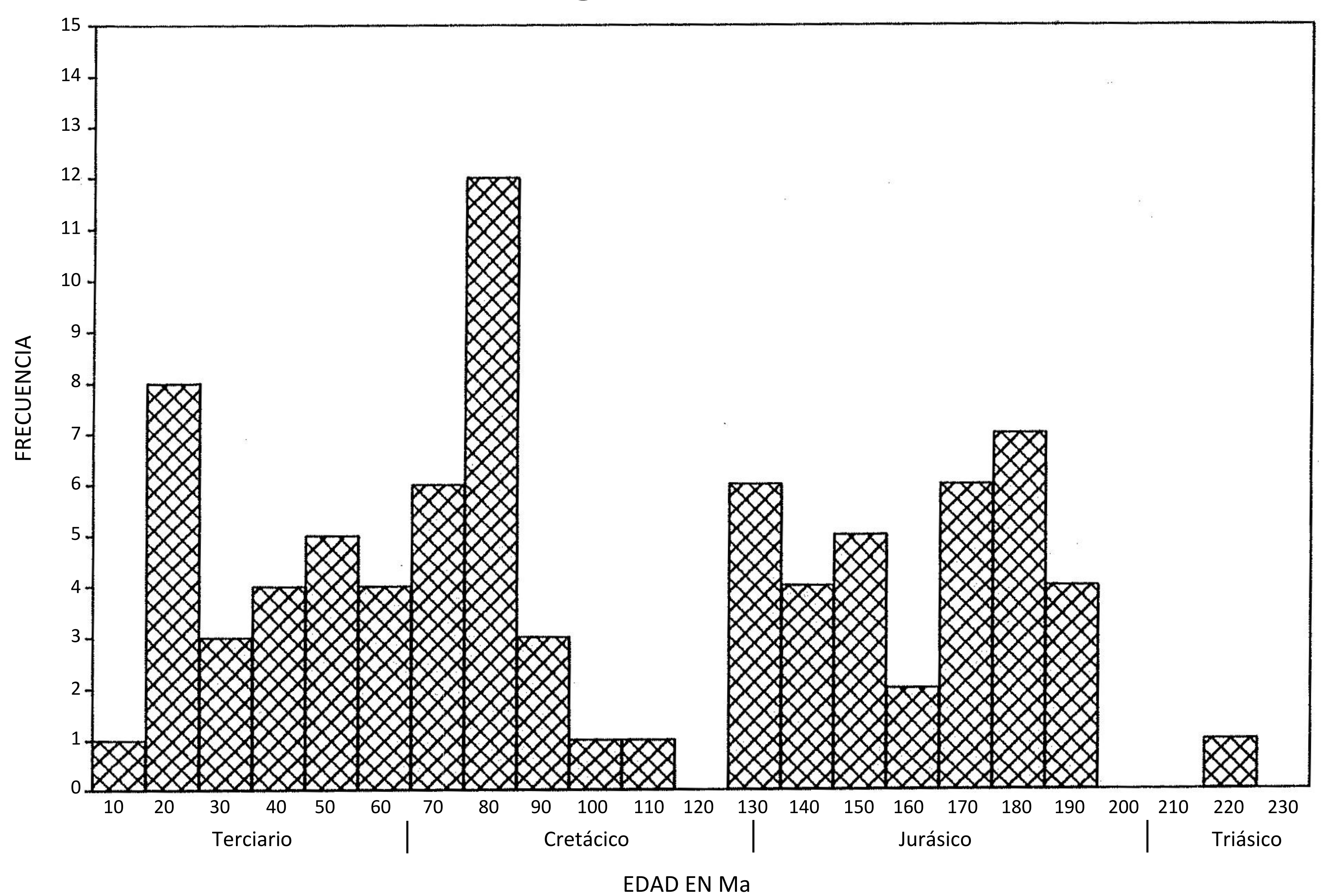
Dos muestras de biotita extremadamente fresca fueron separadas de este granitoide biotítico, post-tectónico, tardío, y ambas entregaron edades casi idénticas con un promedio de 58 ± 2 Ma. Se considera que esto indica el emplazamiento del plutón en el Paleoceno.

4. Conclusiones

Es claro que el área de la Cordillera Real ha experimentado una compleja sucesión de eventos magmáticos y tectónicos durante gran parte del Mesozoico y Cenozoico, y que la evidencia de varios de los eventos tempranos ha sido casi borrada por la actividad subsecuente. Un histograma de las últimas edades K-Ar obtenidas en el laboratorio NIGC, reportadas aquí y en el Informe 87/5 de BGS-Isotope Geology Unit, demuestra que además de un breve hiato en el Cretácico Temprano, existe un espectro continuo de edades aparentes de ca. 200 Ma a ca. 10 Ma. Se considera posible que la mayoría de estas edades reflejan auténticos eventos isotópicos y no una sobreimpresión parcial. Existe un indicio en los datos de edades mayores que 200 Ma, pero se basa en el análisis de sólo una muestra, por lo que debe ser fundamentado antes de que cualquier conclusión firme pueda ser establecida acerca de la extensión e importancia de cualquier precursor pre-jurásico.

En particular, la edad de ca. 370 Ma registrada en una muestra de hornblenda de Papallacta (no mostrada en el histograma) es por mucho la edad más antigua determinada en este estudio y (aparte del supuesto resultado de 417 Ma reportado por Evernden para el gneis de Agoyán, y la igualmente supuesta edad de 743 Ma de un anfíbol con 0.084%K reportada por Kennerley) el resultado más antiguo obtenido por cualquier método en cualquier roca del Ecuador. Obviamente es importante realizar más investigaciones de campo y analizar otras muestras de esta área (de preferencia utilizando otras técnicas de datación) antes de que se identifique con certeza a un componente pre-Carbonífero.

C. C. Rundle
Noviembre de 1988


Edades Potasio-Argón de la Cordillera Real, Ecuador
FRECUENCIA
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230
Terciario
Cretácico
Jurásico
Triásico
EDAD EN Ma

Resultados K-Ar del Proyecto Cordillera Real, Ecuador

(NB: Hb = hornblenda; Bi = biotita; Mosc = moscovita)

Muestra No.	%K ± %sd	Atmos.40 Ar (%)	Rad. 40 Ar ± % sd (nl/g)	Edad ± 2sd (Ma)
Pimampiro				
1A Hb	0.363 ± 1.0	59.8	1.172 ± 1.9	81 ± 3
		77.8	1.142 ± 3.8	79 ± 6
1A Bi	4.27 ± 1.0	46.9	14.18 ± 1.3	84 ± 3
1B Mosc	8.58 ± 1.0	41.9	18.06 ± 1.3	53 ± 2
		60.5	15.95 ± 2.4	47 ± 2
1C Hb	0.371 ± 1.0	54.4	1.341 ± 1.6	91 ± 3
		62.3	1.389 ± 2.0	94 ± 4
1C Bi	4.72 ± 1.0	21.6	13.71 ± 1.1	73 ± 2
		58.2	13.73 ± 2.2	73 ± 4
Chingual				
2C Bi	6.95 ± 1.5	64.5	5.399 ± 2.3	20 ±1
2E Bi (densa)	7.81 ± 1.0	54.1	5.672 ± 1.6	19 ± 1
2E Bi(ligera)	6.41 ± 1.0	69.1	4.821 ± 3.1	19 ± 1
Sacha				
3 Hb	0.679 ± 4.7	73.4	0.904 ± 3.1	34 ± 4
		63.8	0.816 ± 2.3	31 ± 3
3 Bi	6.629 ± 1.5	60.4	6.536 ± 1.8	25 ± 1
		41.8	6.392 ± 1.3	25 ± 1
Papallacta				
4 Hb	0.612 ± 1.0	19.3	9.563 ± 1.0	363 ± 9
		39.0	9.794 ± 1.2	371 ± 10
Abitagua (norte)				
5G Hb	0.849 ± 2.0	58.9	4.638 ± 2.4	135 ± 8
5G Máficos?	1.455 ± 1.0	40.5	8.078 ± 1.6	137 ± 5
5G Bi?	1.860 ± 3.0	31.5	11.05 ± 1.1	147 ± 9
Abitagua (sur)				
6A Bi?	0.537 ± 1.0	73.1	2.724 ± 4.7	126 ± 12
		77.1	2.776 ± 3.6	128 ± 9
6A Hb	0.569 ± 1.5	56.6	3.512 ± 1.9	152 ± 7
		65.3	3.806 ± 2.8	164 ± 10
7 Hb	0.323 ± 1.6	57.8	2.206 ± 2.0	168 ± 8
		59.8	2.298 ± 1.9	174 ± 8
Azafrán				
8E Bi?	2.540 ± 1.0	57.5	4.706 ± 1.7	47 ± 2
9 Bi	5.914 ± 1.0	37.2	11.79 ± 1.9	51 ± 2
		50.3	11.38 ± 1.5	49 ± 2

Muestra No.	%K ± %sd	Atmos.40 Ar (%)	Rad. 40 Ar ± % sd (nl/g)	Edad ± 2sd (Ma)
Río Verde				
10A Hb	0.995 ± 1.0	64.9	5.145 ± 2.6	128 ± 7
10A Bi	5.02 ± 1.0	27.9	25.96 ± 1.2	128 ± 4
10B Hb	0.827 ± 1.0	40.0	5.777 ± 1.3	171 ± 5
10B Bi	5.296 ± 1.2	14.5	38.02 ± 1.1	176 ± 5
Agoyán				
11B Mica	0.135 ± 3.0	95.3	0.421 ± 21.3	78 ± 33
11D Mica	0.156 ± 4.5	94.6	0.457 ± 18.2	74 ± 27
11E Mica	0.472 ± 2.5	79.1	1.413 ± 4.1	75 ± 7
Pungalá				
12A Hb + Bi	0.264 ± 3.2	76.3	0.471 ± 3.6	45 ± 4
12B Hb + Bi	1.969 ± 1.3	51.9	3.276 ± 1.5	42 ± 2
12C Hb	1.25 ± 1.0	53.2	2.080 ± 1.5	42 ± 2
12C Bi	5.07 ± 1.0	38.2	8.298 ± 1.2	42 ± 1
Magtayán				
13A Hb	1.04 ± 1.0	51.2	3.066 ± 1.5	74 ± 3
13A Bi	4.08 ± 1.0	76.8	10.95 ± 3.6	68 ± 5
13B Hb	0.409 ± 1.0	60.1	1.397 ± 2.6	86 ± 5
		63.5	1.446 ± 2.1	89 ± 4
13C Hb	0.996 ± 1.0	47.3	3.139 ± 1.4	79 ± 3
Mina Peggy				
14A Bi	6.03 ± 1.0	41.6	19.5 ± 1.3	81 ± 3
14D Bi	6.10 ± 1.5	55.0	20.83 ± 1.9	86 ± 4
Paute				
15A Hb	0.12 ± 1.0	81.6	0.474 ± 4.8	99 ± 10
		76.4	0.554 ± 5.2	115 ± 12
15B Hb?	0.063 ± 1.7	92.1	0.361 ± 13.0	142 ± 36
Napurca (Zamora, noroeste)				
16C Hb	0.371 ± 1.0	88.5	2.009 ± 8.1	134 ± 21
16H Hb	0.289 ± 1.0	71.8	2.107 ± 2.8	178 ± 10
17 Hb	0.227 ± 2.4	40.6	1.776 ± 1.5	191 ± 10
18 Hb	0.168 ± 1.0	71.9	1.602 ± 3.1	230 ± 14
		84.3	1.487 ± 5.6	214 ± 23
19 Hb	0.205 ± 1.0	50.2	1.581 ± 1.5	188 ± 6
20 Hb	0.591 ± 1.0	40.1	4.356 ± 1.2	126 ± 4
		18.5	4.398 ± 1.0	127 ± 4
20 Bi?	2.34 ± 1.0	37.3	15.77 ± 1.2	166 ± 5
		38.0	16.35 ± 1.2	171 ± 5

Muestra No.	%K ± %sd	Atmos.40 Ar (%)	Rad. 40 Ar ± % sd (nl/g)	Edad ± 2sd (Ma)
Zamora (noreste)				
21A Hb	0.99 ± 2.8	64.0	6.134 ± 2.2	153 ± 10
21A Bi	3.93 ± 1.0	25.7	24.32 ± 1.1	153 ± 4
21G Hb	0.971 ± 4.0	45.6	6.036 ± 1.3	153 ± 12
21G Bi	5.16 ± 1.0	25.3	32.78 ± 1.1	156 ± 5
Río Pituca (Zamora sur)				
22B Bi	4.70 ± 1.0	20.8	34.20 ± 1.1	178 ± 5
22E Hb	0.32 ± 2.0	64.2	2.363 ± 3.3	181 ± 14
22F Hb	0.493 ± 1.3	89.0	0.648 ± 12.5	34 ± 8
		96.0	0.358 ± 25.1	19 ± 9
Sabanilla				
23D Bi	7.81 ± 1.0	25.7	25.44 ± 1.2	82 ± 3
23E Bi	7.64 ± 1.0	22.9	24.93 ± 1.2	82 ± 3
23F Bi	7.58 ± 1.0	31.3	24.69 ± 1.2	82 ± 3
Valladolid				
24A Hb	0.584 ± 1.2	64.6	3.012 ± 2.1	128 ± 6
		71.4	3.178 ± 2.8	135 ± 8
24A Bi	5.38 ± 1.5	40.8	16.30 ± 1.2	76 ± 3
24B Mosc	8.36 ± 1.0	54.8	22.48 ± 1.6	77 ± 3
24C Mosc	7.39 ± 1.0	51.4	21.60 ± 1.5	65 ± 2
24D Bi	7.09 ± 1.0	12.6	20.35 ± 1.0	72 ± 2
Río Mayo				
25 Hb	0.382 ± 2.2	34.7	2.208 ± 1.3	143 ± 7
26B Hb	0.499 ± 1.0	78.8	3.562 ± 3.9	175 ± 14
26B Bi	4.19 ± 1.0	24.1	29.34 ± 1.1	172 ± 5
26C Hb	0.549 ± 1.0	78.6	4.172 ± 3.9	186 ± 14
26C Bi	5.21 ± 1.2	38.7	39.87 ± 1.2	187 ± 6
26E Hb	0.375 ± 1.0	78.0	2.688 ± 3.8	176 ± 13
26E Bi	2.13 ± 1.0	34.1	15.53 ± 1.1	178 ± 5
Portachuela				
27A Bi	6.56 ± 1.0	81.2	3.109 ± 4.5	12 ± 1
		67.3	3.101 ± 2.3	12 ± 1
27C Hb	0.839 ± 1.0	94.3	0.670 ± 17.2	20 ± 7
27C Bi	6.21 ± 1.0	77.7	4.055 ± 3.7	17 ± 1
27F Hb	0.508 ± 1.0	90.9	0.469 ± 10.9	24 ± 5
27F Bi	6.38 ± 1.0	67.2	4.645 ± 2.3	19 ± 1
27G Bi	6.94 ± 1.0	61.4	4.893 ± 2.5	18 ± 1
Catamayo				
29A Bi	7.18 ± 1.0	13.7	16.08 ± 1.0	57 ± 2
29B Bi	7.62 ± 1.0	36.9	17.57 ± 1.2	58 ± 2

APÉNDICE 9

Informes paleontológicos

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/88/320R

Análisis palinológico de muestras del Ecuador

por

S. G. Molyneux

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/288

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinología, Ecuador

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

PD/88/288
WH/88/320R

Distribución:

Keyworth:	Dr. J. D. Bennett, Overseas Division
	Dr. B. Owens, Biostratigraphy Research Group
Overseas:	Dr. J. Aspden.

Análisis palinológico de muestras del Ecuador

Muestras enviadas por	:	J. Aspden
Muestras preparadas por	:	R. U. Leader
Muestras examinadas por	:	S. G. Molyneux

Este reporte se encarga de once muestras enviadas desde Ecuador.

MPA 27704 (ex CR-FV-87-336). Coordenadas 2312-0159. Localidad: Tignas. Semipelitas clivadas de la pelita Loja. La muestra no es adecuada.

MPA 27705 (ex CR-FV-87-339) Coordenadas 2682-0065. Localidad: Moradillas. Semipelitas clivajes de la pelita Loja. La muestra contiene fragmentos opacos de posible origen orgánico, pero no tiene microfósiles reconocibles.

MPA 27706 (ex CR-FV-87-352) Coordenadas 4885-7586. Localidad: Piedra Liza. Lodolita con impresiones de hojas. La muestra no es adecuada.

MPA 27707-27714 (ex RB-87-251A-H)
Son todas de la división Guamote, en Punín, al sur de Riobamba (coordenadas 7614-98049). Todas las muestras contienen fragmentos opacos de posible origen orgánico, pero no se observó microfósiles.

Conclusiones

La ausencia de microfósiles identificables indica que ninguna de estas muestras puede ser datada palinológicamente.

S. G. Molyneux

24 de octubre de 1988

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/88/341R

Análisis palinológico de muestras de la división Maguazo, Río Jadán, Ecuador

por

S. G. Molyneux

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/307

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinología, Ecuador,
Acritarcos, Esporas,
Ordovícico, Mesozoico

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

PD/88/307
WH/88/341R

Distribución:

Keyworth:	Dr. J. D. Bennett
	Dr. B. Owens
	Dr. J. B Riding
Overseas:	Dr. J. Aspden.

Análisis palinológico de muestras de la división Maguazo, Río Jadán, Ecuador

Muestras enviadas por	:	J. Aspden
Muestras preparadas por	:	R. U. Leader
Muestras examinadas por	:	S. G. Molyneux

Se han analizado para palinomorfos dos muestras de la división Maguazo, Río Jadán.

MPA 28366 (ex CR-FV-87-359B). Coordenadas 3921-8419.
Esta muestra, de *ribbon* chert, contiene fragmentos de posible origen orgánico, pero no se observó microfósiles

MPA 28367 (ex CR-FV-87-359A) Coordenadas 3921-8419.
Filita negra calcárea con chert. La muestra contiene una escaza mezcla de acritarcos café oscuros y esporas más pálidas o amarillas. Los acritarcos están mal preservados, y por tanto la determinación es complicada, aunque se identificó formas referidas como *Cymatiogalea*, *Acanthodiacrodium* y *Polygonium*. Estos géneros sugieren que los acritarcos son del Ordovícico Temprano. Las esporas recuerdan a taxones del Mesozoico, y han sido enviadas al Dr. J. B. Riding para su identificación. La confirmación de una edad mesozoica implicaría que los acritarcos fueron retrabajados.

S. G. Molyneux

4 de noviembre de 1988

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/88/342R

Análisis palinológico de muestras de los cherts Palenque, Río Palenque, Ecuador

por

S. G. Molyneux

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/308

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinología, Ecuador,

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

PD/88/308
WH/88/342R

Distribución:

Keyworth:	Dr. J. D. Bennett
	Dr. B. Owens
Overseas:	Dr. J. Aspden.

Análisis palinológico de muestras de los cherts Palenque, Río Palenque, Ecuador

Muestras enviadas por	:	J. Aspden
Muestras preparadas por	:	R. U. Leader
Muestras examinadas por	:	S. G. Molyneux

Ocho muestras de chert del Río Palenque fueron analizadas para palinomorfos. Ninguna de estas fue adecuada.

MPA 28368-28375. Hoja Santa Rosa 1:100000.
Coordenadas 3°25' S/79°45' W. Casi 50 metros aguas arriba del pueblo Palenque.

S. G. Molyneux

4 de noviembre de 1988

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/88/347R

Análisis palinológico de una muestra de la división Maguazo, Río Jadán, Ecuador

por

J. B. Riding

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/311

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinomorfos, Bioestratigrafía
Jurásico, Ordovícico

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

PD/88/311
WH/88/347R

Copias a: 1. J. A. Aspden (Overseas)
2. J. D. Bennett
3. S. G. Molyneux
4, 5. Biostratigraphy Research Group Files

Análisis palinológico de una muestra de la división Maguazo, Río Jadán, Ecuador

Muestras enviadas por : J. Aspden
Muestras preparadas por : R. U. Leader
Muestras examinadas por : J. B. Riding

1. Introducción

Una muestra de la división Maguazo del Río Jadán, Ecuador, fue enviada para un análisis palinológico con el fin de intentar determinar una edad. La litología corresponde a una filita negra calcárea con chert; la muestra había sido codificada como CR-FV-359A (coordenadas 3921-8419) y aquí es registrada como MPA-28367.

S. G. Molyneux identificó acritarcos mal preservados del Ordovícico Temprano y mioesporas del Mesozoico (ver WH/88/341R). El propósito de este reporte es identificar palinomorfos del Mesozoico y explicar su importancia bioestratigráfica.

2. Palinoestratigrafía

Además de los acritarcos del Ordovícico Temprano, la muestra contiene numerosos granos de polen con esporas, quistes de dinoflagelados, y microplancton misceláneo subordinados. La Tabla 1 enlista la palinoflora del Mesozoico. La pequeña flora de quistes de dinoflagelados incluye a *Gonyaulacysta jurassica* y *Tubotuberella eisenackii*. Este último taxón está confinado a los pisos Calloviense a Oxfordiense (Jurásico). El resto de las especies indican el Jurásico Medio/Tardío y, como tal, son consistentes con los pisos Calloviense a Oxfordiense.

3. Resumen

MPA-28367 es de edad Calloviense a Oxfordiense de acuerdo con la evidencia del quiste de dinoflagelado. Una importante cantidad de acritarcos del Oxfordiense Temprano han sido retrabajados en el horizonte muestreado.

Tabla 1. Lista de taxones mesozoicos recuperados

Granos de polen

polen bisacado – indiferenciado
Callialasporites dampieri
Callialasporites segmentatus
Callialasporites turbatus
Cerebropollenites macroverrucosus
Classopollis meyeriana
Cycadopites spp.
Perinopollenites elatoides

Esporas

Cyathidites australis
Cyathidites sp.

Quistes de dinoflagelado

Quiste de dinoflagelado gonyaulacoide – indeterminado
Gonyaulacysta jurassica
Sentusidinium sp.
Tubotuberella eisenackii

Microplancton misceláneo

Tasmanites sp.
Micrhystridium sp.

J. B. Riding

14 de noviembre de 1988

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/88/416R

Amonites cretácicos de la provincia de Zamora Chinchipe en el sureste del Ecuador

por

H. Ivimey-Cook

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/377

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Amonites, Cretácico

Keyworth, Nottinghamshire   British Geological Survey

PD/88/377
WH/88/416R

Dr. J. D. Bennett
Dr. J. A. Aspden
Dr. B. Owens
Archivo: Ecuador

Amonites cretácicos de la provincia de Zamora Chinchipe en el sureste del Ecuador

H. C. Ivimey-Cook (determinaciones por el Dr. M. K. Howarth)

Material	
ER1	Lutita oscura con amonites, tres especímenes; de las cabeceras del Río Nangaritza.
CR-FV-842B	Calcilutita gris pálida con fragmentos de conchas indeterminados, algunas fisuras/agujeros rellenos de calcarenita más gruesa.
CR-FV-842C	Lutita negra-gris oscura, calcárea y un poco limosa, con amonites; del Río Vergel (rodado)

El material que contiene amonites ER1 y CR-FV-842C fue enviado al Dr. M. H. Howarth (Museo Británico (Historia Natural)) para su determinación. Las conclusiones del Dr. Howarth fueron independientemente respaldadas por el Dr. H. G. Owen de la misma institución.

Las determinaciones del Dr. Howarth son las siguientes:

ER-1A y ER-1B	Mojsisovicziinae mal preservados
ER-1C	Oxytropidoceras sp. (espécimen con costillas finas), Adkinsites sp. (espécimen con costillas gruesas en el lado opuesto)
CR-FV-842C	Oxytropidoceras sp., Adkinsites sp., Brancoceras sp.

Además, comentó lo siguiente: "Todos los especímenes pertenecen a la Subfamilia Mojsisovicziinae del Albiense Medio de la cual el género mejor conocido es Oxytropidoceras. Ninguna es una especie determinable, pero el espécimen con costillas finas en un lado de ER-1C es muy distintivo y no hay duda de que ésta es la edad correcta y el grupo correcto de amonites. Independientemente, Hugh Owens llegó a la misma conclusión. Existen amonites similares por lo general en Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia, y uno de los géneros es llamado Venezoliceras. Hace muchos años observé unos amonites parecidos en la parte basal de la Formación Cazaderos en Ecuador".

H. Ivimey-Cook
14 de diciembre de 1988

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY
Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/89/13R

Investigación de conodontos de 10 muestras
(BGS) del Ecuador

Universidad de Nottingham

Biostratigraphy Research Group Report PD 89/13

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Pre-Jurásico, Microfauna

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

Reporte (BGS) No. 3

Diciembre de 1988

Investigación de conodontos de 10 muestras (BGS) del Ecuador:
9 codificadas como: CR-FV-473
1 codificada como: CR-FV-487

Unidad de Micropaleontología
Departamento de Geología
Universidad de Nottingham

- **CR-FV-473. Bloque 1.**

Litología: Micrita lodosa fina color gris claro-medio.

Masa de la muestra: 1283 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno.

Otros microfósiles: Restos de pez muy comunes, pero mal preservados, incluyen dentículos y placas dérmicas, escamas y dientes.

Observaciones: Los efectos de post-enterramiento produjeron que los restos de pez sean blancuzcos (*albid*), friables y difíciles de identificar. Especímenes de similar morfología han sido observados en arreglos de conodontos del Carbonífero al Triásico Tardío del Reino Unido y otras partes.

- **CR-FV-473. Bloque 2.**

Litología: Micrita lodosa, dura, gris medio a oscuro, con clastos de lodo color gris oliva.

Masa de la muestra: 340 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno

Otros microfósiles: Moldes internos de ostrácodos lisos son muy comunes, pero carecen de características definidas. Existen pocas conchas pequeñas y fragmentos de algunas más grandes. Se recuperó un Holothurian sclerites tipo 'rueda' y una ¿escama de pez? Todos están mal preservados.

Observaciones: A pesar de la recuperación de representantes de varios grupos fósiles, no se puede reconocer nada diagnóstico. Es posible que un especialista en ostrácodos pueda decir algo más acerca de los especímenes de este grupo.

- **CR-FV-473. Bloque 3.**

Litología: Limolita 'sacaroidea' micácea azul-gris.

Masa de la muestra: 150 g.

No se recuperaron microfósiles de esta muestra.

- **CR-FV-473. Bloque 4.**

Litología: Calcarenita fina de color gris azulado oscuro-medio.

Masa de la muestra: 127 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno

Otros microfósiles: Sólo un diente de pez.

Observaciones: Nada diagnóstico.

- **CR-FV-473. Bloque 5.**

Litología: Calcilutita gris oscuro-medio con tubos (¿madrigueras?) rellenos de lodo color amarillo-oliva.

Masa de la muestra: 114 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno.

Otros microfósiles: Pocos fragmentos dérmicos de pez mal preservados e indeterminados. Posibles fragmentos de conchas y equinodermos.

Observaciones: Nada diagnóstico.

- **CR-FV-473. Bloque 6.**

Litología: la misma del bloque 3.

Masa de la muestra: 380 g.

No se recuperaron microfósiles de esta muestra.

- **CR-FV-473. Bloque 7.**

Litología: Calcarenita gris oscuro-medio con bandas más gruesas.

Masa de la muestra: 240 g.

Elementos de conodontos recuperados: Un pequeño fragmento indeterminado ambiguamente identificado como una porción distal de un elemento ramiforme; la preservación es tan mala que no sería un conodonto. Negro.

Otros microfósiles: Ninguno.

Observaciones: Si el fragmento es un elemento conodonto, entonces indicaría una edad pre-jurásica; está muy mal preservado para señalar una mayor precisión.

- **CR-FV-473. Bloque 8.**

Litología: Calcarenita muy fina color gris-medio con parches más oscuros, posiblemente bioturbada.

Masa de la muestra: 170 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno.

Otros microfósiles: Un fragmento de concha y un ¿diente? de pez.

Observaciones: Nada diagnóstico.

- **CR-FV-473. Bloque 9.**

Litología: Calcarenita fina color gris-medio, con madrigueras con un relleno de grano fino color oliva.

Masa de la muestra: 80 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno.

Otros microfósiles: Pocos fragmentos de pez y ¿conchas?. Un posible coprolito.

Observaciones: Nada diagnóstico.

- **CR-FV-487. Bloque 1.**

Litología: Limolita fina, blanda, 'sacaroidea', color gris oscuro.

Masa de la muestra: 370 g.

Elementos de conodontos recuperados: Ninguno.

Otros microfósiles: Tres fragmentos ¿dérmicos? de ¿pez?

Observaciones: Nada diagnóstico.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/89/28R

Bivalvos triásicos de la provincia de Zamora Chinchipe en el sureste del Ecuador

por

H. Ivimey-Cook
(determinaciones por el Dr. N. J. Morris)

Biostratigraphy Research Group Report PD 89/28

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Triásico
Moluscos

Keyworth, Nottinghamshire   British Geological Survey

PD/89/28
WH/89/28R

Dr. J. D. Bennett
Dr. J. A. Aspden
Dr. B. Owens
Archivo: Ecuador

Bivalvos triásicos de la provincia de Zamora Chinchipe en el sureste del Ecuador

H. Ivimey-Cook (determinaciones por el Dr. N. J. Morris)

Material	
ES-1A, B	Limolita lodosa calcárea color gris oscuro con pectinacea (sin datos detallados de la ubicación).
P1	Río Timbara, Piuntza, limolita lodosa calcárea color gris oscuro con pectinacea

ES-1A, B (como MPA-26549 y 26550 respectivamente) también fueron analizadas para palinología.

Las pectinaceas parecen ser *Entomonotis* o *Daonella* del Triásico Tardío, por lo que fueron enviadas al Dr. N. J. Morris (Museo Británico, Historia Natural) para compararlas con su material.

El Dr. Morris comentó lo siguiente (20/01/89): "Éstas son todas *Halobia*, *Daonella* o *Entomonotis* y por tanto del Triásico tardío Medio a Superior. Se parecen más a *Entomonotis richmondiana**, pero considero que no están suficientemente bien preservadas para estar seguro. Por consiguiente, posiblemente son del Noriense".

*Monotis (*Entomonotis*) *richmondiana* (Zittel). Treatise on Inv. Palaeontology. N374.

H. C. Ivimey-Cook
30 de enero de 1989

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/89/85R

Amonites del Sinemuriense de la Formación Santiago, Ecuador

por

H. Ivimey-Cook

Biostratigraphy Research Group Report PD 89/81

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Amonites
Jurásico
Sinemuriense

Keyworth, Nottinghamshire   British Geological Survey

PD/89/81
WH/89/85R

Dr. J. D. Bennett
Dr. J. A. Aspden
Dr. B. Owens
Archivo: Ecuador

Amonites del Sinemuriense de la Formación Santiago, Ecuador

H. Ivimey-Cook
(basado en las determinaciones e información del Dr. M. K. Howarth y el Profesor D. T. Donovan)

Material: Recibido sin codificación – se les ha asignado un código temporal (BGS): TNN-1415 hasta 1418A-D.

Ubicación: Nuevo corte de vía en la zona Subandina a través del levantamiento Cutucú. Todo de la misma área en la sección tipo de la Formación Santiago. [Ver Geyer (1974): Bristow y Hoffstetter (1977)]

Los amonites están preservados en dos, aparentemente diferentes, litologías:
TNN-1415, 1418A-D en una limolita no-calcárea, levemente micácea, lodosa, algo físil, color café pálido, con amonites aplanados como moldes y réplicas (*casts*) internos y, con poca evidencia de sus vientres.

TNN-1416, 1417 en una limolita finamente micácea, fuertemente calcárea, color negro-gris oscuro con dos amonites como impresiones aplanadas.

Los datos de la Colección no indican si la limolita color café pálido es el resultado de una fuerte meteorización de la limolita calcárea oscura, tampoco proporcionan alguna relación estratigráfica entre ellas.

Geyer (1974) concluyó que los amonites que él encontró en la Formación Santiago son *Arnioceras* y *Coroniceras* del Sinemuriense Inferior, pero el material que el ilustró era de muy mala calidad. Estos nuevos especímenes están considerablemente mejor preservados, pero difieren del *Arnioceras* en el sentido de que tienen costillas finas hacia las espirales más internas (inferiores a 5 mm de diámetro en algunos casos). *Arnioceras* normalmente tiene espirales internas lisas en diámetros más grandes que éste. En *Coroniceras* usualmente existe una corta sección de espirales internas lisas. Estos amonites son más comparables con Echioceratidae del Sinemuriense Superior.

Los especímenes fueron examinados detenidamente por el Dr. Howarth con el apoyo del Profesor Donovan, ellos concluyeron que probablemente todos son Echioceratidae del Sinemuriense Superior.

Los identificaron como:

TNN-1416 y TNN-1417 – *Leotechioceras* sp. indet.

TNN-1415 y TNN-1418 – *?Paltechioceras* sp. indet.

Sin embargo, ellos consideran que existe incertidumbre acerca de estas identificaciones, que podría ser resuelta usando mejor material y con la ayuda de la colección de otros taxones. Estos amonites bien pueden ser de una edad equivalente a *Echioceras raricostatum* – Biozona del NW de Europa, y no del Sinemuriense Inferior. Sin embargo, la taxonomía de estos amonites ha sido complicada por la descripción de Erben (1956) de una importante cantidad de nuevos taxones de amonites de esta edad de México cuyas peculiaridades no están claras. Debido a la incertidumbre de su taxonomía, esta colección, como se encuentra ahora, probablemente no requiere una descripción por separado, sin embargo, proporciona un interesante comentario sobre la edad de esta exposición.

Referencias

BRISTOW C. R. y HOFFSTETTER R. (1977) Lexique Stratigraphique International. Amérique Latine. Vol. 5. (2nd Ed.) Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris.

ERBEN H. K. (1956) El Jurásico Inferior de México y sus amonites. XX Congreso Geológico Internacional México, 3939 pp, 41 pl.

GEYER O. F. (1974) The Lower Jurassic (Santiago Formation) of Ecuador [in German with English notes]. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*. Hefte 9, pp. 525-514

H. Ivimey Cook

3 de marzo de 1989

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/89/89R

Palinología de dos muestras de la provincia de Zamora Chinchipe del sureste del Ecuador

por

J. E. Thomas

Biostratigraphy Research Group Report PD 89/85

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Cretácico
Amonites
Quistes de dinoflagelado

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

PD/89/85
WH/89/89R

Distribución:	1.	J. D. Bennett
	2.	J. A. Aspden
	3.	H. C. Ivimey-Cook
	4.	B. Owens
	5.	Biostratigraphy Research Group Files

Palinología de dos muestras de la provincia de Zamora Chinchipe del sureste del Ecuador

Trabajo solicitado por	:	J. Aspden/H. C. Ivimey-Cook
Muestras preparadas por	:	K. L. Kirby
Muestras examinadas por	:	J. E. Thomas

1. Introducción

Pequeñas cantidades de roca desportilladas (*chipped*) de lutitas negras con amonites fueron preparadas para análisis palinológico. Los amonites que se relacionan a las dos muestras fueron ya identificados, en un reporte del Dr. H. C. Ivimey-Cook, por el Dr. M. K. Howarth (BMNH) como pertenecientes a la Subfamilia *Mojsisovicziinae* del Albiense Medio que está presente por lo general en Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia.

2. Detalles de las muestras

MPA-30018	ER1 como código de recolección – lutita negra de las cabeceras del Río Nangaritza
MPA-30019	CR-FV-842C como código de recolección – lutita negra del Río Vergel (rodado)

3. Palinología

Ambas muestras contienen abundante materia orgánica dominada por un querógeno amorfo negro. Esta palinofacies es típica de las lutitas negras. Con el fin de obtener palinomorfos identificables, el residuo orgánico fue sometido a una oxidación prolongada usando la solución de Schultze y, a un breve periodo de vibración ultrasónica.

Se encontró que ambas muestras contienen varios especímenes de polen inaperturado (*Araucariacites spp*) y polen monocolpado (*Cycadopites*) con la adición de una espora trilete indeterminada en MPA-30018 y un polen bisacado en MPA-30019. Se recuperó especímenes inusuales, mal preservados de quistes de dinoflagelados *Florentinia ?deanei* y *Oligosphaeridium ?complex*. Muy pocas publicaciones han tratado acerca de los quistes de dinoflagelado del Cretácico Medio de Sudamérica. Aquellas disponibles incluyen a Pöthe de Baldis y Ramos (1980 y 1983). La última (1983) reporta *Florentinia spp* y *Oligosphaeridium spp* del Aptiense de Argentina. También tiene importancia Davey (1978) quien registró *Florentinia spp* y *Oligosphaeridium complex* en el Aptiense/Turoniense a Maestrichtiense del DSDP (Deep Sea Drilling Project) sitio 361 al SW de Sudáfrica. Se ha comparado con los datos de microfloras cretácicas de Australia. Morgan (1980), en un gran trabajo acerca de la Palinoestratigrafía del Cretácico Temprano y Medio de Australia, proporciona un rango de las primeras especies que dan inicio al Albiense temprano, y el rango de las últimas especies que dan inicio al Neocomiense Tardío. Ambas especies están en el rango del Cretácico Tardío.

Aunque la evidencia de quistes de dinoflagelados es compatible con la de amonites, no se puede indicar determinaciones de edades más específicas.

J. E. Thomas
8 de marzo de 1989

Referencias

IVIMEY-COOK H. C. (1988) Cretaceous Ammonites from the province of Zamora Chinchipe in southeast Ecuador. *BGS internal report WH/88/416R*.

MORGAN R. (1980) Palynostratigraphy of the Australian Early and Middle Cretaceous. *Memoirs of the Geological Survey of new South Wales, Palaeontology No. 18*.

PÖTHE DE BALDIS D. y RAMOS V. (1980) Las microfloras de la Formación Mayer y su significado estratigráfico, provincia de Santa Cruz, República de Argentina, *2do Congreso Arg. Paleont. y Bioestr. y 1er Congreso Latin. Paleont, Tomo 5*.

PÖTHE DE BALDIS D. y RAMOS V. (1983) Dinoflagelados del Aptiano Inferior de Río Fósiles, Lago San Martín, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología,* 15 (3): 427-446.

APÉNDICE 10

Informes de comisión de la Cordillera Real de norte a sur

ÍNDICE

No.	COMISIÓN	PÁGINA
1789	En los trayectos Laguna San Marcos- Río Sal Si Puedes y zona de Baeza del 17 de enero al 01 de febrero de 1989	235
4040	Entre el Valle La Dormida-Sara Urco y Río Salado-Río El Diviso del 7 al 21 de marzo de 1989	245
7149	A las provincias de Pichincha y Napo del 04 al 18 de octubre de 1988	258
0580	Entre la Laguna Micacocha y la población de Cosanga del 29 de noviembre al 14 de diciembre de 1988	270
4919	A las provincias de Azuay, Cañar y Chimborazo del 22 de mayo al 15 de junio de 1988	281
6912	Al sur del país del 31 de agosto al 25 de septiembre de 1988	298
0001	Al suroriente del país (Numbala, San Vicente, Yacuambí) del 01 al 25 de noviembre de 1988	308

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 1789

QUITO, FEBRERO 28, 1989

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	DR. MARTIN LITHERLAND E ING. MIGUEL POZO T.
ASUNTO	:	Informe Técnico de los trabajos geológicos en los trayectos Laguna San Marcos-Río Sal Si Puedes y zona de Baeza del 17 de enero al 01 de febrero de 1989

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico de Colaboración Técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial mineral, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2. Objetivo

La comisión motivo del presente informe técnico, fue efectuada en los días 17 de enero al 01 de febrero de 1989; el objetivo propuesto inicialmente, fue el de realizar una travesía de investigación geológica, desde la Laguna San Marcos, hasta el puente sobre el Río Salado en la carretera Baeza-Lago Agrio en la Región Amazónica, Provincia del Napo.

Debido a dificultades de acceso en las inmediaciones de la confluencia del Río Sal Si Puedes con el Azuela, ocasionadas por el terremoto de marzo de 1987, no fue posible continuar en esta zona con los trabajos previstos.

Por estos motivos se decidió interrumpir las actividades en esta zona, para reemprender la recopilación de datos complementarios y chequeos geológicos dentro del cinturón metamórfico-Sector Norte, por los alrededores de la población de Baeza.

Detalle de actividades

Enero	
17	Acercamiento a la Laguna San Marcos.
18	Margen derecha del Río Azuela, muestreo de sedimentos fluviales y pesados
19 al 22	Acercamiento por la margen izquierda del Río Azuela
23	Cruce del Río Azuela
24 al 27	Acercamiento sobre un flujo de lava y llegada a la confluencia del Río Sal Si Puedes con el Azuela; se emprende el retorno a la Laguna San Marcos
28	Laguna San Marcos – Papallacta
29 al 31	Recopilación de datos y chequeo de la geología entre Papallacta y Baeza
Febrero	
01	Baeza – Quito

La información geológica obtenida durante los trabajos de campo incluyó: datos estructurales, muestreo de rocas para posteriores análisis petrográficos, toma de sedimentos pesados y fluviales, tendientes a concretar posibles correlaciones litológicas con los datos recopilados en previas geotravesías, a través de la Cordillera Real.

1.3. Geografía e Hidrografía

Las zonas de estudio se caracterizan por tener accidentes topográficos elevados y valles profundos, a lo largo de los cuales drenan torrentosos afluentes.

Entre los accidentes topográficos de origen metamórfico y volcánico más importantes se cuentan, respectivamente:

El Sara Urco (4676 msnm) y los volcanes Cayambe (5790 msnm), Reventador (3486 msnm) y Antisana (5704 msnm), a partir de los cuales se forma parte de la hidrografía de la zona estudiada.

La hidrografía está compuesta por los sistemas de drenaje de los ríos Azuela-Salado y Papallacta, ambos tributarios del sistema Quijos-Coca.

Entre los afluentes de la margen derecha del Azuela-Salado se cuentan: quebrada San Pedro, Ríos Boquerón, Arturo y Montoneras; quebrada Toldadas y Ríos San Jerónimo, Cuscungo, Sal Si Puedes, Quiebra Canillas y Clavaderos. Respecto a su margen izquierda se cuentan las quebradas Quilpajahua (que da origen a la Laguna de San Marcos), Dantocucho, Palmacucho y Río Soroche; la quebrada Sardinas y el Río Sucio.

En cuanto se refiere al trayecto Papallacta-Baeza, la hidrografía está conformada por los Ríos San Pedro, Chalpi Chico, Chalpi, Cuango, Maspa, Maspa Chico, Cuyuja y Victoria.

1.4 Clima

Las condiciones topográficas mencionadas tienen su repercusión en el clima de la región, el mismo que varía desde frío y gélido en las zonas altas, a templado en las zonas bajas.

En lo relacionado al clima gélido, las temperaturas pueden variar desde bajo cero hasta 11.9 grados centígrados, que corresponden a fajas altitudinales comprendidas entre 3000 y 4000 msnm, o más (Naranjo P., 1981).

En lo concerniente al clima templado, se considera la condición de flanco externo de la Cordillera Real, en que se encuentra la variedad muy húmeda, con temperaturas entre los 12 y 17.9 grados, correspondiente a la faja altitudinal entre los 1000 y 3000 m sobre el nivel del mar.

La época más lluviosa en la zona oriental del Ecuador, en la que se incluye el área de estudio, corresponde a los meses abril a octubre, con picos mayores en los meses de mayo, julio y octubre. De noviembre a marzo, la cantidad de lluvias es menor. De hecho, esta es la región más lluviosa y húmeda del país en la que se registran más de 250 días de lluvia por año.

1.5. Acceso

Desde la parroquia Olmedo se sigue un camino afirmado que conduce a la Laguna San Marcos, desde donde se puede hacer uso de un camino de herradura que pasa por los sitios: Toldadas, Nanegal y La Chorrera.

La pica probablemente corresponde a labores agrícolas de colonos, desarrollada en años pasados, antes de que sea declarado oficialmente el Parque Nacional Cayambe; ésta se interna sobre un flujo de lava cubierto por selva y se pierde paulatinamente por su falta de uso y/o mantenimiento, en la vegetación.

Remanentes de esta pica fueron detectados hasta el frente del flujo de lava mencionado, en la confluencia del Río Sal Si Puedes con el Azuela hasta donde fue posible ingresar, sitio donde se ha producido un deslizamiento, al igual que muchos otros en la zona de estudio; sus características, tales como falta de indicios de cobertura vegetal, hacen pensar que fueron ocasionados por el terremoto de marzo de 1987.

1.6 Metodología de trabajo

Fueron utilizadas las siguientes hojas topográficas a escala 1:50000 editadas por el Instituto Geográfico Militar.

– "Nevado Cayambe", mayo de 1988.

– "OIII-A1", en proceso.

– "Papallacta", febrero de 1983.

– "Baeza", en proceso.

Y las fotografías aéreas, LEARJET; PROYECTO CARTA NACIONAL:

de 78.05.31: 6761, 6762, 6763, 6786, 6787.

de 79.01.12: 8649, 8651, 8652.

Además, fueron recolectadas 20 muestras de roca, 2 de sedimentos pesados y 2 de fluviales.

1.7 Trabajos previos

En diferentes investigaciones, varios autores han recorrido por las cercanías de la zona, motivo del presente informe.

Así, Arguello C. y Díaz L. (1986), estudiaron la zona meridional, en la parte centro y sur de la Hoja de El Chaco escala 1:50000 que corresponden a los sectores: Chonta Loma, los Ríos San Juan Chico, San Juan Grande y otros. También realizaron estudios en los sectores centro y sur de la Hoja Díaz de Pineda, escala 1:50000 y en la Hoja El Reventador, a escala 1:50000, siguiendo el curso del Río Salado, margen izquierdo, aguas abajo hasta la unión con el Río Yaguana.

Este trabajo dio como resultado la elaboración de la Hoja Geológica El Reventador (1986-1987, en proceso) en la que se trabajó sobre rocas metamórficas paleozoicas, volcánicas del Jurásico-Cretácico y sedimentarias cretácicas Hollín, Napo y rocas volcánicas pertenecientes al cerro Pan de Azúcar y depósitos recientes.

En igual forma, Santamaría W. y Sierra J. (1986), realizaron estudios, dentro de las cuencas hidrográficas del Río Mira y del Río Aguarico, para finalmente elaborar la Hoja Geológica Mariano Acosta (1986). En este trabajo fueron halladas rocas que varían desde el Precámbrico al Reciente; estructuralmente fueron identificadas fallas de cabalgamiento regional. Los autores encontraron además una geología económica caracterizada por la presencia de sulfuros, calcita, sílice y fosfatos, aparte del contenido de oro, en las terrazas de los ríos Cofanes y Aguarico.

Por último, INECEL y varias firmas consultoras realizaron estudios geológicos que culminaron con la elaboración del Mapa Geológico del Volcán El Reventador (1988). En este trabajo se aprecian diferentes litologías relacionadas a las rocas del basamento, a las rocas volcánicas, depósitos sueltos y, además, la geología estructural de la región, tendientes a futuros trabajos de ingeniería, en el Proyecto hidro-eléctrico Coca-Codo Sinclair.

1.8 Personal asignado

Dr. Martin Litherland (Misión Británica).

Ing. Miguel Pozo.

Sr. Oscar Acosta (chofer)

Como personal de apoyo fueron contratados los siguientes jornaleros en la Comuna Pesillo, Parroquia Olmedo:

José Elías Catucuamba, José Elías Guacán, Alfonso Ulcuango, Jorge Guacán, César Ulcuango, Ernesto Campués, Carlos Alfonso Cruz, Juan Antonio Alba.

1.9 Transporte

Fue utilizado el Jeep Land Rover placa AT-0068, perteneciente a la Misión Británica, desde Quito hasta la Laguna San Marcos y luego en el trayecto Papallacta-Baeza.

Durante el desarrollo de los trabajos fueron tomados datos estructurales, muestras de rocas, sedimentos pesados y fluviales cuyos detalles se exponen en los siguientes capítulos.

2. GEOLOGÍA ENTRE LA LAGUNA DE SAN MARCOS Y LA DESEMBOCADURA DEL RÍO SAL SI PUEDES EN EL AZUELA

2.1 Introducción

En el trayecto estudiado básicamente fueron observadas rocas pertenecientes a la cobertura volcánica, relacionadas con el Volcán Cayambe; en menor medida, rocas granitoides y metamórficas del basamento, como se explica a continuación:

2.2 Rocas volcánicas

2.2.1 Depósitos de lahar

Depósitos de lahar, fueron observados en potencias alrededor de 40 metros. Estos depósitos cubren, en parte flujos de lava y están entre los últimos eventos geológicos ocurridos durante el Cuaternario.

En una sección estratigráfica representativa se observaron por lo menos tres niveles dentro de un mismo depósito, cuyos límites están caracterizados por una notable distribución de bloques grandes (alrededor de un metro de diámetro aproximadamente) en la base, y materiales de grano más fino hacia el tope.

Los depósitos en mención están constituidos por material de granulometría de mal sorteo, con bloques heterolíticos, subangulares y a veces subredondeados.

En la desembocadura del Río Soroche en el Azuela fue observado un depósito (lh1), que debido a su morfología podría corresponder a los restos de un lahar generado previamente.

2.2.2 Flujos de lava

En orden al estado de erosión y morfología, se infiere en la identificación de tres flujos de lava: el más antiguo (lv1), que forma gran parte de la divisoria entre la Quebrada Angureal y el Río Arturo.



De acuerdo a su geomorfología aparece con formas externas muy erosionadas y parcialmente cubierto por un depósito de lahar (lh2), razón por la que se desconoce la extensión de este flujo aguas abajo, en el Río Azuela.

En forma similar al anterior, entre el Río Montoneras y la Quebrada Toldadas, existe otro flujo de lava (lv2), que aún conserva la morfología remanente del borde de un flujo de lava erosionado, en igual forma se desconoce sobre su extensión aguas abajo, pues presumiblemente también se encuentra cubierto por depósitos de lahar (lh2).

Otro flujo de lava (lv3), más joven que los anteriores, forma la divisoria entre los Ríos Sal Si Puedes y Azuela. No se encuentra cubierto por depósitos de lahar lo cual hace visible sobre el mismo, ondas de avance lávico, a escala hectométrica (FOTOS AÉREAS 6786-6787 de 78.05.31). Además, sus bordes forman acantilados muy escarpados de hasta unos 300m, razones que hacen pensar que se trata de un flujo de lava más joven que los dos anteriores.

El flujo de lava (lv3?) encontrado aguas abajo del Azuela, que forma la divisoria entre los ríos Quiebracanillas y Clavaderos, también presenta ondas de avance lávico; probablemente, tiene la misma naturaleza y fue formado durante el mismo evento que el anterior.

2.3 Rocas de basamento

2.3.1 Rocas granitoides

Las siguientes muestras son de varios sectores (ver mapa) de un área plutónica/subvolcánica a lo largo del Río Azuela.

Pórfido de hornblenda de grano medio (MP532); roca masiva, color gris claro, moteada con pintas oscuras. Contiene cristales euhedrales de hornblenda y plagioclasa maclada, en matriz de grano fino, compuesta por los mismos minerales.

Pórfido tipo diorita de cuarzo (533-534AB); roca leucocrática moteada con pintas verde-oscuro, masiva, contiene cristales de plagioclasa maclada en cristales sub y euhedrales, hornblenda en cristales anhedrales, piroxeno (?) y cuarzo anhedral, biotita en cristales euhedrales.

Microdiorita de hornblenda (536); roca leucocrática de grano fino, moteada con pintas verde-oscuro. Contiene cristales subhedrales de anfíbol y piroxeno, plagioclasa, feldespato de potasio y en menor medida cuarzo.

Monzonita de cuarzo biotítica (535), roca leucocrática y masiva, con superficie de alteración. Contiene minerales de plagioclasa, feldespato de potasio, biotita y en menor escala cuarzo.

2.3.2 Rocas metamórficas

Por el color, por el aspecto exterior de cizallamiento y por el grado de deformación, se estima la presencia de un afloramiento de esquisto grafítico y esquisto verde, según observaciones efectuadas al lado opuesto del Río Azuela, en un sitio a donde no fue posible llegar; estructuralmente el rumbo y buzamiento estimados fue norte-sur y 70 al oeste respectivamente.

En las inmediaciones de este sitio fueron tomadas muestras de cantos rodados de rocas metamórficas con las siguientes características:

Ortogneis silicificado (531A); roca clara, con bandas claras y oscuras alternas de cuarzo (?), además cristales finos de moscovita.

Esquisto moscovítico (531B); roca clara, foliada, con minerales de moscovita, cuarzo, cloritoide y granate.

Gneis de moscovita y clorita (531C); roca gris clara, cizallada, con bandas claras y oscuras, los minerales incluyen moscovita, clorita y cuarzo.

3. GEOLOGÍA DE LA ZONA DE BAEZA

3.1 Introducción

Los estudios realizados en los alrededores de Baeza estuvieron distribuidos de la siguiente manera:

(a) Camino Papallacta-Baeza (2 días).
(b) Al sur de Baeza hasta Cosanga (1 día).
(c) Al norte de Baeza (Río Borja) y al sur (Río Bermejo) (1 día).

Los datos de los nuevos resultados serán incluidos en el mapa geológico a escala 1:250000, que será presentado con el tercer informe anual en junio de 1989.

3.2 El camino Papallacta-Baeza, oeste del frente Subandino

Este trayecto fue estudiado por la primera comisión del proyecto (Litherland et al. 1986). Fue necesaria una revisión, por el descubrimiento de divisiones litológicas nuevas en el corte Oyacachi-El Chaco por el norte (Litherland y Pozo, 1988) y el descubrimiento de una estratigrafía tectónica en el corte Micacocha-Cosanga por el sur (Litherland y Pozo, 1989). Un objetivo fue, la comprobación por la zona Papallacta-Baeza, de la estratigrafía tectónica hallada en el corte a Micacocha-Cosanga.

La mayor parte del corte Papallacta-Baeza hasta el frente sub-Andino tiene un régimen tectónico "horizontal" (Litherland et al., 1986), el mismo patrón del corte Micacocha-Cosanga (Litherland y Pozo, 1989). Sin embargo, por la presente revisión las litologías pueden ser reclasificadas en la vía Papallacta Baeza, de la siguiente manera:



(a) Papallacta a 1 km: rocas de metagranito tipo Tres Lagunas correlacionadas con las de Oyacachi.

(b) 1 a 4 km: rocas “granoblásticas” metasedimentarias compuestas de cuarzo y granate violeta-rosado, con esquistos grafíticos y cuarzosos; correlacionada con la misma faja granoblástica por Oyacachi.

(c) 4 a 8.4 km (0.3 km E del Río Chalpi): ortogneis foliado/milonítico con cataclastos de cuarzo azul: correlacionados con la faja de metagranito tipo Tres Lagunas “milonítico” identificada en el corte Micacocha-Cosanga.

(d) 8.4 a 8.7 km: esquisto pelítico con cloritoide.

(e) 8.7 a 11.2 km: cuarcita fina intercalada con filita negra grafítica, correlacionada con la semipelita tipo “Loja” en el corte Micacocha-Cosanga.

(f) 11.2 a 12.8 km: metagranito parecido al granito Tres Lagunas, con fases de aplogranito fino.

(g) 12.8 a 13.7 km: esquisto pelítico con cloritoide y granate.

(h) 13.7 a 14.3 km: metagranitoide.

(i) 14.3 a 15.8 km: semipelita “tipo Loja”.

(j) 15.8 a 16.5 km: filita pálida.

(k) 16.5 a 17.5 km: gneis semipelítico (Río Cuyuja).

(l) 17.5 a 20.8 km: filitas negras.

(m) 20.8 a 25.7 km: esquistos pelíticos (clorita-moscovita-granate).

(n) 25.7 a 31.0 km: metalavas verdes, esquistos verdes y esquistos pelíticos.

Esta secuencia oeste-este de litologías combinadas con el patrón estructural (Litherland et al., 1986), puede ser correlacionada con el esquema de Micacocha-Cosanga y Oyacachi-El Chaco, pero a un nivel estructural más bajo. Así parece que entre Oyacachi-El Chaco y Micacocha-Cosanga hay una secuencia estructural común de “capas” de sobrecorrimiento, caracterizadas de arriba hacia abajo, de la siguiente manera: metagranito tipo Tres Lagunas y skarn subyacente, semipelitas tipo Loja, esquistos pelíticos/grafíticos y rocas verdes.

Cabe anotar que, aparte de bloques rodados de skarn y serpentinita, el Río Quijos también lleva bloques de mármol blanco puro y una dolerita, semejante a la que fue identificada por el corte Micacocha-Cosanga.

3.3 El camino Papallacta-Baeza, este del frente Subandino

El frente sub-Andino es marcado, provisionalmente, por el cambio de régimen tectónico dentro de rocas verdes. Esto se manifiesta por un cambio regional, de un régimen subhorizontal con segunda esquistosidad (S2) al oeste, a un régimen subvertical con primera esquistosidad (S1) al este. Cerca de Baeza, también hay afloramientos de las Formaciones cretácicas Hollín, Napo y Tena, los cuales son elementos de la faja subandina en otras partes de la cordillera.

3.4 El camino Cosanga-Baeza-Borja

Este estudio fue un chequeo de litología y contactos geológicos y tectónicos por la zona subandina, especialmente en el sentido de la diferenciación de rocas de distintas edades y dominios tectónicos.

Hacia el este, fueron revisados los contactos del granito Abitagua (Jurásico, no-deformado) con los volcánicos Sumaco. Más al oeste, fue ubicada una falla que pasa por las inmediaciones de Borja y el Río Cosanga; ésta define el límite cratónico (no deformado) a través de tectonismos jurásicos y terciarios. Así, esta falla define el límite oriental de deformación terciaria en las rocas cretácicas (Formación Hollín, Napo y Tena) y el límite oriental de deformación jurásica en el basamento pre-cretácico.

También estudiamos la extensión de las lavas "recientes" (Sumaco?) al oeste del camino Baeza-Cosanga, donde esta unidad sobreyace a las lutitas negras de la Formación Napo.

En la población de Borja, debajo del puente colgante sobre el Río Quijos, fue localizado un bloque rodado de "migmatita" con vetas pegmatíticas y graníticas, algunas relacionadas a arrastres de flujo tectónicos. Este bloque es la primera evidencia de migmatitas probablemente del Precámbrico (?), vista en el sector norte de la Cordillera; probablemente proviene de la zona cratónica, al este del Río Quijos, como un xenolito en el granito Abitagua, o un filón en una zona de falla.

3.5 Potencial mineral

En términos de ambientes geológicos favorables para mineralización metálica, existen serpentinitas, en forma de bloques, en los Ríos Quijos, Cosanga y Bermejo (?). Bloques de rocas de skarn, que vienen de la faja de los Llanganates, están presentes en el Río Quijos arriba de la confluencia con el Río Papallacta. Oro fue bateado en el Río Quijos a 100 m aguas abajo de la confluencia con el Río Papallacta.

Más hacia el este hay bloques rodados de metalava epidotizada dentro de la zona de rocas verdes metavolcánicas. Por los estudios al norte (Oyacachi-El Chaco) y al sur (Río Mulatos, Baños-Puyo) se puede proponer una faja de rocas tipo "proto skarn", relacionadas a una cadena de rocas plutónicas la cual incluye al Complejo Azafrán. Bloques mineralizados (con sulfuros) han sido reconocidos por esta faja.

A 13 km al este del Río Cosanga, en dirección hacia Baeza, fueron localizados algunos bloques de roca metamórfica (mayor a 1 m de diámetro) compuestos de sericita en casi su totalidad, que podrían tener utilidad como mineral industrial no-metálico.



4. REFERENCIAS

ARGUELLO C., DÍAZ L. (1986) Informe de la Hoja del Reventador, a escala 1:100000, efectuada en los días 17 de noviembre al 5 de diciembre de 1986, INEMIN.

ARGUELLO C., DÍAZ L. (1986-1987) Hoja Geológica Reventador 1:100000 en proceso, INEMIN.

LITHERLAND M., ASPDEN J. A., BERMÚDEZ R. y VITERI F. (1986) Informe Técnico de la comisión efectuada a Papallacta-Baeza del 2 al 6 de junio de 1986, INEMIN, memorando No. 2658, no publicado.

LITHERLAND M. y POZO M. (1988) Informe Técnico de la comisión efectuada a las provincias Pichincha y Napo, del 04 al 18 de octubre de 1988, INEMIN, memorando No. 7149, no publicado.

LITHERLAND M. y POZO M. (1989) Informe Técnico de la travesía entre la Laguna Micacocha y la población de Cosanga, del 29 de noviembre al 14 de diciembre de 1988, INEMIN, memorando No. 0580, no publicado.

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica (no publicado).

Mapa Geológico del Volcán El Reventador (1988) Estudios realizados por INECEL y la Asociación de firmas consultoras del Proyecto Hidro-eléctrico Coca-Codo Sinclair.

NARANJO P. (1981) El Clima en el Ecuador, Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1986) Informe de la Hoja Geológica Mariano Acosta, escala 1:100000, INEMIN.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1986) Hoja Geológica Mariano Acosta (No. 98), escala 1:100000, INEMIN.

Dr. Martin Litherland   Ing. Miguel Pozo T.

PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 4040

QUITO, MAYO 8, 1989

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. MARTIN LITHERLAND e ING. MIGUEL POZO T.

ASUNTO : Informe Técnico de trabajos geológicos entre el Valle La Dormida-Sara Urco y Río Salado-Río El Diviso, del 7 al 21 de marzo de 1989

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico de Colaboración Técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivo

La comisión motivo del presente informe (resumen), fue efectuada en los días 07 al 21 de marzo de 1989; su objetivo fue el de realizar el estudio geológico en las inmediaciones del Cerro Sara Urco, por una parte, y a lo largo de los Ríos Salado y Diviso por otra.

1.3 Personal asignado

Para llevar a cabo este trabajo fue conveniente formar dos subgrupos, con miras a realizar una cobertura de información geológica por dos frentes: (a) sector comprendido entre el Valle La Dormida y el flanco oriental del Cerro Sara Urco, y (b) sector comprendido entre el puente sobre el Río Salado (carretera Baeza-Nueva Loja) y las cabeceras del Río El Diviso, los mismos que estuvieron integrados de la siguiente manera:

Grupo No. 1: Valle La Dormida-flanco oriental del Cerro Sara Urco
Ing. Miguel Pozo

Grupo No. 2: Río Salado-Río Diviso
Dr. Martin Litherland
Sr. Manuel Célleri

Chofer: Sr. Víctor Vega

1.4 Medio de transporte
Jeep Land Rover, placa AT-0068, perteneciente a la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades
La recopilación de información geológica se realizó de acuerdo al siguiente detalle de actividades:

Marzo de 1989

Grupo No. 1

07	Quito-Punto Pitaná-Valle La Dormida
08	Laguna Yanacocha-Valle del Río Hualaringo
09 al 11	Punto "Che-Guevara"-Laguna Azul (Base del Sara Urco)
14	Por Quimsacocha al Valle de la Q. Dantahuañunahuaicu
15 y 16	De este sitio al punto Pichicavenadopungu, para cruzar la zona de lineamiento
17	Retorno por el Valle de la Q. Dantahuañunahuaicu-Resbaladerahuaicu
18 y 19	Río Hualaringo
20	Laguna Yanacocha-Valle La Dormida-Punto Pitaná
21	Retorno a Quito

Grupo No. 2

07	Quito-Chaco. Contratación de personal
08 al 12	Recolección de información geológica por la margen derecha del Río Salado
13 al 17	Recolección de información geológica por la margen derecha del Río El Diviso
18 al 20	Retorno hacia el puente sobre el Río Salado
21	Retorno a Quito

1.6 Geografía e hidrografía

Las zonas de estudio se caracterizan por tener accidentes topográficos elevados y valles profundos, a lo largo de los cuales drenan torrentosos afluentes.

Entre los accidentes topográficos regionales de origen metamórfico y volcánico más importantes se cuentan, respectivamente:

El Sara Urco (4676 msnm) y los volcanes Cayambe (5790 msnm) y Reventador (3485 msnm), a partir de los cuales se forma la mayor parte de la hidrografía de la zona estudiada.

En relación a la zona del Sara Urco, el relieve es muy escarpado, irregular y abrupto, aspectos gobernados por características estructurales y los factores erosivos.

La hidrografía general está compuesta principalmente por los ríos Hualaringo, las cabeceras del Sara Urco y Sarayacu; mientras que en la zona Subandina, la conforman los Ríos El Diviso, Yaguana, Cascabel y Salado todos tributarios del sistema hidrográfico Quijos-Coca.

Cabe destacar que el Río Salado fue parte de la zona epicentral del terremoto de marzo 5 de 1987, que generó un área de devastación regional con varios miles de víctimas. Mientras que en la zona del Sara Urco la devastación se traduce en numerosos sitios de derrumbes, que no representan dificultades de acceso, en el Río Salado, los efectos incluyen grietas hasta de dos metros de ancho en las terrazas selváticas e inestabilidad en sitios escarpados, que a menudo crean situaciones difíciles y de riesgo durante el acceso.

1.7 Clima

Las condiciones topográficas mencionadas tienen su repercusión en el clima de la región, el mismo que varía desde frío y gélido en las zonas altas, a templado en las zonas bajas.

En lo relacionado al clima gélido las temperaturas pueden variar desde bajo cero hasta 11.9 grados centígrados, que corresponden a fajas altitudinales comprendidas entre 3000 y 4000 msnm, o más (Naranjo P., 1981), características existentes en las inmediaciones del Cayambe y Sara Urco.

En lo concerniente al clima templado, se considera la condición de flanco externo de la Cordillera Real, en que se encuentra la variedad muy húmeda, con temperaturas entre 12° y 17.9° C, correspondiente a la faja altitudinal entre los 1000 y 3000 msnm, en la que se encuentra la zona Salado-El Diviso.

La época más lluviosa en la zona oriental del Ecuador, en la que se incluye el área de estudio, corresponde a los meses abril a octubre, con picos mayores en los meses de mayo, julio y octubre. De noviembre a marzo, la cantidad de lluvias es menor. De hecho, ésta es la región más lluviosa y húmeda del país en la que se registran más de 250 días de lluvia al año.

1.8 Acceso

Para la zona del Sara Urco, es posible seguir un camino empedrado desde el Barrio Juan Montalvo, en Cayambe hasta el control de la reserva ecológica del Ministerio de Agricultura, donde se bifurca; desde este punto se puede seguir a pie y/o haciendo uso de caballos, por el camino de la derecha a lo largo del Valle La Dormida.

Desde las cabeceras del valle en mención, hay que descender al valle del Río Hualaringo y luego ascender por la margen derecha hasta las cabeceras de la Quebrada Resbaladerahuaicu, en donde se encuentra el Sara Urco. A lo largo de una de las quebradas que bajan de las lagunas se puede llegar a la Quebrada Dantahuañunahuaicu, en cuyas cabeceras se halla el dominio del lineamiento de la falla Sara Urco.

Para la zona Salado-Diviso, el acercamiento se lo hace por la carretera que une las poblaciones Baeza-Nueva Loja; desde el puente sobre el Río Salado es posible continuar a pie, todo el trayecto, hasta las cabeceras del Río El Diviso.

1.9 Metodología de trabajo

Para ambas zonas, fueron utilizadas las siguientes hojas topográficas a escala 1:50000, editadas por el Instituto Geográfico Militar.

- “OIII-A1b y d”, en proceso
- “Río Hualaringo”, mayo de 1978
- “Río Cascabel”, mayo de 1978

Y las fotografías aéreas, LEARJET; PROYECTO CARTA NACIONAL:

- 7600, 7601 y 7602
- 8843, 8844 y 8845

Durante esta comisión fueron tomados datos estructurales, recolectadas alrededor de 100 muestras de roca, 13 de sedimentos pesados y 7 de fluviales.

1.10 Trabajos previos

En diferentes investigaciones previas, varios autores han recorrido por las cercanías de la zona, motivo del presente informe.

Así, Barragán J. (1986) realizó estudios en las inmediaciones del Sara Urco, en las que fueron identificadas tres unidades litológicas, constituidas por el Grupo Ambuquí, con esquistos sericíticos, cuarcitas y anfibolitas, cruzadas por vetillas de cuarzo lechoso. El Grupo Altar, conformado por andesitas, obsidianas, lavas básicas, cenizas volcánicas, tobas y pómez. En cuanto a los depósitos glaciares, se hace referencia a aspectos relacionados con este tema en las inmediaciones del Sara Urco. Económicamente, el autor detectó la presencia de pirita, calcopirita, bornita y argentita?, sin embargo, denota la ausencia de oro.



Arguello C. y Díaz L. (1986), estudiaron la zona meridional, en la parte centro y sur de la Hoja de El Chaco escala 1:50000, que corresponden a los sectores: Chonta Loma, los ríos San Juan Chico, San Juan Grande y otros. También realizaron estudios en los sectores centro y sur de la Hoja Díaz de Pineda, escala 1:50000 y en la Hoja El Reventador, escala 1:50000, siguiendo el curso de el Río Salado, margen izquierdo, aguas abajo hasta la unión con el Río Yaguana.

Este trabajo dio como resultado la elaboración de la Hoja geológica El Reventador (1986-1987, en prensa), en el que se trabajó sobre rocas metamórficas paleozoicas, volcánicas del jurásico-cretácico y sedimentarias cretácicas Hollín, Napo y rocas volcánicas pertenecientes al cerro Pan de Azúcar y depósitos recientes.

En igual forma, Santamaría W. y Sierra J. (1986), realizaron estudios dentro de las cuencas hidrográficas del Río Mira y del Río Aguarico tendiente a la elaboración de la Hoja geológica Mariano Acosta (en prensa).

En este trabajo fueron halladas rocas que varían desde el Precámbrico al Reciente; estructuralmente fueron identificadas fallas de cabalgamiento regional. El autor encontró además una geología económica caracterizada por la presencia de sulfuros, calcita, sílice y fosfatos, aparte del contenido de oro, en las terrazas de los Ríos Cofanes y Aguarico.

INECEL y varias firmas consultoras realizaron estudios geológicos que culminaron con la elaboración del Mapa Geológico del Volcán El Reventador (1988). En este trabajo se diferencian varias litologías relacionadas a las rocas del basamento, a las rocas volcánicas, depósitos sueltos y, además, a la geología estructural de la región, tendientes a futuros trabajos de ingeniería, en el del Proyecto hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair.

Por último, Litherland M. y Pozo M. (1989) realizaron un reconocimiento geológico entre la Laguna San Marcos y el Río Sal Si Puedes.

2. GEOLOGÍA ENTRE EL VALLE LA DORMIDA Y EL FLANCO ORIENTAL DEL CERRO SARA URCO (MAPA 1)

2.1 Introducción

Hacia el oeste de la zona investigada fueron observadas rocas de la cobertura volcánica del Volcán Cayambe, y principalmente rocas metamórficas y graníticas hacia el este. Cronológicamente, las últimas manifestaciones geológicas están representadas por depósitos coluviales, aluviales y deslizamientos inducidos por el terremoto de marzo de 1987. El aspecto económico estuvo representado por evidencias de mármol, pirita magnetita, sulfuros. No fue detectado oro.

2.2 El Cuaternario

2.2.1 Deslizamientos recientes
Uno de los efectos del terremoto de marzo de 1987 fueron los deslizamientos, cuyas huellas están presentes en la región, como testimonio del fenómeno telúrico en mención, especialmente en los valles del Río Hualaringo y Quebradas Dantahuañunahuaicu, Resbaladerahuaicu, además en las escarpadas laderas de Ingaumasacha.

El curso del Río Salado-aguas abajo-, está localizado en las cercanías del epicentro del terremoto de marzo de 1987, por lo que constituye un área de devastación regional, los efectos que aún son visibles en el campo incluyen grietas de hasta dos metros de ancho en las terrazas selváticas y mucho terreno inestable que presenta dificultades y riesgo en el acceso por este sector.

2.2.2 Cenizas volcánicas (Cz)
Cubren casi la totalidad de la zona investigada, con excepción de sitios muy escarpados. Están caracterizadas por una toba color café oscuro con intercalaciones de ceniza clara, de espesor visible alrededor de dos metros.

2.2.3 Depósitos aluviales (Qal)
Presentes especialmente en los cursos de los Ríos Hualaringo y La Dormida, debido al continuo aporte de abundantes detritos desde las estribaciones del Cayambe.

2.2.4 Depósitos coluviales (c)
Originados por la caída de materiales desde zonas escarpadas, especialmente al pie de los escarpes producidos por los modernos flujos de lava del Cayambe.

2.2.5 Geología glacial (M)
Está representada por largos valles en "U", peldaños glaciares, circos, morrenas laterales, de fondo y de retroceso; estos rasgos morfológicos se encuentran especialmente en los siguientes valles: Río Hualaringo, Quebrada Dantahuañunahuaicu y Quebrada Resbaladerahuaicu, en los que es común encontrar afloramientos con estrías glaciares, otros rasgos geomorfológicos son los horns (el Sara Urco puede ser considerado dentro de esta categoría) aretes (en el sitio Pichicavenadopungu) y lagunas de origen glaciar (Yanacocha Grande, Yanacocha, Azul, Verde, etc.).

2.2.6 Flujos de lava (V)
Flujos de lava andesítica afloran en extensas zonas hacia el noroeste de la zona de estudio. En las cabeceras del Valle La Dormida, y en la margen izquierda del Río Hualaringo, hacia el norte, hay evidencias de que los flujos de lava han sido cortados por la acción erosiva de la glaciación. Esto impone que la glaciación fue posterior a la depositación de tales flujos y por lo tanto, su edad puede ser considerada superior a los 10000 años.

2.2.7 Otros volcánicos (b)

Se encuentran cortando la foliación andina en diques de espesor a escala centi- y decimétrica, han sido observados en la margen derecha del Río Hualaringo; tienen apariencia masiva, de color gris oscuro a veces mineralizados y sin huellas de tectonismo, no es posible distinguir claramente la presencia de fenocristales. Probablemente pertenecen a las últimas fases de actividad volcánica del Cayambe (?).

2.3 Rocas del basamento

2.3.1 Rocas granitoides

Cantos rodados de metagranito (Xgg), probablemente asociados con el granito Tres Lagunas, fueron hallados en los depósitos aluviales del Río Hualaringo y en la Quebrada Resbaladerahuaicu; también fue identificada esta litología en afloramientos ubicados en el arroyo que baja de la Laguna Verde, en la margen izquierda de la Quebrada Dantahuañunahuaicu y en su cabecera.

En ejemplares de mano se identifican feldespatos y cuarzo como principales constituyentes, en otros, hay moscovita y biotita; así mismo, a veces presentan un incipiente cizallamiento.

2.3.2 Rocas metamórficas

2.3.2a Esquistos (Xs)

Han sido encontradas muchas variedades de esquistos, cuyos componentes mineralógicos incluyen: moscovita-grafito (Xsmr), moscovita (Xsm), en la margen derecha de la Quebrada La Dormida, entre los escombros de un deslizamiento reciente; moscovita-cloritoide (Xsmcl), cuarzo-cloritoide (Xsqcl), moscovita-biotita-clorita (Xsmbic), turmalina (Xstu), clorita-cuarzo (Xscq) y biotita (Xsbi) en ambas márgenes del Río Hualaringo y en las Quebradas Resbaladerahuaicu y Dantahuañunahuaicu; cuarzo-moscovita (Xsqm), en bloques caídos entre los escombros de un deslizamiento reciente en la cabecera del Río Sara Urco y en otro deslizamiento en la margen derecha de la Q. Dantahuañunahuaicu; esquisto actinolítico (Xsac), como bloques caídos, subangulares en el flanco occidental del Sara Urco.

Cerca de la desembocadura de la Quebrada Resbaladerahuaicu en el Río Hualaringo fueron encontrados bloques (alrededor de 3 cm de diámetro) con mica fuchsita.

Hacia el este de la falla Sara Urco, en las cabeceras de la Quebrada Dantahuañunahuaicu, fueron localizados afloramientos de esquisto moscovítico-clorítico (Xsmcl), con moscovita-grafito-turmalina (Xsmrtu) y cuarcitas (Xq).

2.3.2b Rocas carbonáticas (Xl)

En el flanco occidental del Sara Urco (Mapa 1) fue identificado mármol gris en bloques subangulares de hasta 80 cm de diámetro.

2.3.2c Rocas de skarn, epidóticas y anfibolitas (K)

Bloques caídos de skarn fueron encontrados entre los escombros de un derrumbe reciente, los minerales constituyentes incluyen: granate, epidota, anfíboles y a veces sulfuros.

En igual forma fueron halladas rocas epidóticas tanto en bloques caídos y en afloramientos. Probablemente los skarns y rocas epidóticas están asociadas. Mineralógicamente, están constituidas por epidota y en algunos casos aparecen mineralizaciones.

Rocas anfibolíticas fueron encontradas en el deslizamiento de la margen derecha del Río Sara Urco (cabeceras); también entre los cantos rodados de la Quebrada Laguna Seca, en su desembocadura con el Río Hualaringo.

2.3.2d Rocas metavolcánicas (Xv)

Rocas verdes de composición meta-andesítica, fueron localizadas en el extremo oriental del área de estudio. La apariencia es de masiva a esquistosa, de facies de esquisto verde.

2.3.3 Rocas pegmatíticas (Xpeg-peg.tu)

Están representadas por esquistos con alto contenido de moscovita y alto contenido de turmalina y micropegmatitas cuarzo-feldespato-turmalínicas, localizadas en bloques caídos en el flanco occidental del Sara Urco; también existen afloramientos pegmatíticos en la margen derecha de la Quebrada Dantahuañunahuaicu.

2.4 Geología estructural

El principal rasgo estructural está localizado hacia el este del Sara Urco, a través de un lineamiento perfectamente visible en las fotografías aéreas, al que se lo ha denominado falla Sara Urco, y que atraviesa la zona de estudio con una orientación NE-SW y buzamiento estimado de 50° hacia el oeste; probablemente está asociado con la foliación tectónica.

De oeste a este se definen cambios en el buzamiento de la foliación: alrededor de 40°, luego un cambio abrupto en la inclinación (entre 70° y 80°) y finalmente ángulos suaves entre 30° y 40°, lo cual, en términos generales sugiere la existencia de una monoforma.

Aún no existen datos suficientes para establecer una sinforma en los alrededores del Sara Urco, que sean correlacionables con la sinforma Urcucocha, del trayecto Laguna Micacocha-Cosanga (Litherland y Pozo, 1989).

3. GEOLOGÍA DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS RÍOS SALADO Y DIVISO (MAPA 2)

3.1 Introducción

El corte Río Salado-Río Diviso se ubica en la zona Subandina, dentro de la faja Occidental (Litherland, 1988). Comprende de una mezcla de rocas del basamento de edad jurásica (?) y rocas de las Formaciones cretácicas, separadas por contactos tectónicos de corrimiento.

3.2 Rocas plutónicas y metaplutónicas

Un conjunto plutónico calco-alcalino se presenta en forma de bloques rodados en el Río Salado y los afluentes Yaguana, Cascabel y Diviso. Así también dos fajas de afloramientos de roca de tipo diorita cizallada con zonas epidóticas y metadiorita fueron encontrados en el Río Diviso; su contacto con el pórfido muestra una zona verdosa de 20 cm de grano medio, interpretada como una zona de enfriamiento de diorita contra el pórfido. La proporción de bloques plutónicos en el Río El Diviso indica que este conjunto predomina más arriba.

El conjunto está dominado por bloques de gabros, hornblenditas, granodioritas y dioritas, con xenolitos ígneos máficos de grano fino a medio y sus equivalentes gnéisicos deformados; en algunos casos, las hornblendas pegmatíticas alcanzan a 10 cm de largo, sin orientación preferencial, también hay rocas graníticas deformadas, de grano grueso y cuarzo de color gris.

3.3 Pórfidos y metapórfidos

Por el lado occidental del Río Salado, aguas arriba por el Río Diviso hay varias fajas de rocas tipo pórfido y metapórfido. Los afloramientos del Río Salado incluyen rocas feldespáticas de grano medio, sin minerales máficos, parcial o totalmente alteradas a caolín.

Con la aproximación al plutón diorítico, estas rocas cambian a tipos más cuarzosos. Al este del plutón los dos pórfidos son más cizallados e intercalados (tectónicamente?) con esquistos.

3.4 Esquistos

Esquistos negros (grafíticos) y verdes (cloríticos), intercalados con rocas verdes (anfibolíticas?) y metapórfidos (arriba), afloran en una zona tectonizada/milonítica, en ambos márgenes de la falla que pasa por el Río Diviso.

3.5 Otras litologías metamórficas en bloques

En los Ríos Salado-Diviso, hay bloques de calco-silicato también mármol blanco y gris; mientras que skarn de granate y epidota fue identificado en el Diviso y dolomita/chert en el Salado.

3.6 “Miembro Misahuallí” (Jurásico)

Por el camino Nueva Loja-Baeza, el “Miembro Misahuallí” está compuesto de lavas andesíticas y riolíticas, aglomerados, etc.

Por el Río Salado, entre los Ríos Yaguana y Cascabel hay afloramientos de rocas volcánicas deformadas, las que deben pertenecer al Miembro Misahuallí; son de lavas tobas verdes y pórfidos púrpuras con vetas de calcita y cuarzo, subparalelas a la foliación de cizallamiento y con autobrechación y epidotización.

Bloques hallados en el Río Salado y los afluentes más occidentales, demuestran etapas de incremento de tectonismo y metamorfismo de litologías del miembro Misahuallí, a través de:

(a) Aglomerados rojos y verdes deformados
(b) Brechas de veta de lavas púrpuras epidotizadas
(c) Metavolcánicos verdes con clivaje

3.7 Formaciones cretácicas

Las Formaciones Hollín, Napo y Tena afloran por el Río Salado con características deformadas y no deformadas, al norte y sur del Río Yaguana, respectivamente.

3.8 Estructuras

Las rocas del basamento (Jurásico?), del Miembro Misahuallí (Jurásico) y de las Formaciones cretácicas son afectadas por fallas de corrimiento terciario, asociadas con deformación penetrativa local y de cizallamiento regional. Así se puede interpretar el mapa geológico como una secuencia de fallas inversas exponiendo de esta manera, rocas de más bajo nivel estructural al oeste.

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

4.1 Ocurrencia de minerales metálicos

4.1.1 Oro

En la zona del Sara Urco (Mapa 1), varios intentos fueron efectuados en algunos arroyos, quebradas y ríos a lo largo de la travesía, sin resultados positivos (como acotación histórica, los jornaleros/guías comentaron sobre trabajos efectuados por aventureros, varios años atrás, como testimonio de lo cual fue hallado un artefacto usado como herramienta para lavar sedimentos de la laguna). En la Quebrada Resbaladerahuaicu fueron encontrados varios sitios “frescos” de muestreo, presumiblemente para buscar este metal.

En relación a la zona Salado-El Diviso, se encontró oro en los depósitos aluviales del Río Yaguana (Mapa 2) y en el Río Salado (aguas arriba), en forma de una hoja subredondeada de 2 mm de diámetro en una terraza de 10 m de espesor.

4.1.2 Pirita
En la cabecera del Río Sara Urco (Mapa 1), en un deslizamiento de la margen derecha, fueron observados bloques con pirita en cristales euhedrales de hasta 2 cm de diámetro, asociados con cuarzo y clorita.
En cuanto se refiere a la zona Salado-Diviso (Mapa 2), los afloramientos de pórfido son ricos en pirita fina.

4.1.3 Cromo
Cerca de la desembocadura de la Quebrada Resbaladerahuaicu en el Río Hualaringo fueron encontrados bloques (de alrededor de 3 cm de diámetro) con mica fuchsita.

4.1.4 Magnetita
En el deslizamiento ubicado en la cabecera del Río Sara Urco, fue hallado un bloque (3 cm de diámetro) altamente magnético.

4.2 Ocurrencia de minerales no-metálicos

4.2.1 Caolín
La descomposición de la roca de pórfido, que en el afloramiento cerca del Río Salado (Mapa 2) parece puro feldespato, forma depósitos ricos en caolín.

4.2.2 Carbonato
En el flanco occidental del Sara Urco (Mapa 1) fue identificado mármol gris en bloques subangulares de hasta 80 cm de diámetro.

En el Río Salado (Mapa 2), Río Diviso y Arroyo del Tuerto hay bloques de mármol blanco puro de grano medio a grueso y mármol gris pálido. Los bloques no alcanzan más que 1 m.

Hay carbonato en la forma de calizas de la Formación Napo.

4.2.3 Grafito
En el Arroyo del Tuerto (Mapa 2) hay bandas hasta de 1 m de espesor, de roca de grafito de más alta pureza.

4.2.4 Petróleo
Al romper un bloque (Mapa 2) había un olor a petróleo de una muestra de caliza de la Formación Napo.

4.2.5 Turmalina
Fue encontrada en bloques masivos y esquistosos. En el primer caso, se trata de micropegmatitas con cristales negros de turmalina de hasta 6 mm de longitud, asociados con cristales subhedrales, equigranulares de feldespatos. En el caso de los esquistos, la turmalina está en cristales desordenados, aparentemente subordinados a los planos de la foliación.

La ausencia de deformación en los bloques masivos y la ocurrencia de turmalina no deformada en los esquistos indican que este mineral se formó en etapas posteriores al tectonismo, relacionadas a eventos pegmatíticos tardíos.

Regionalmente hay que destacar la presencia de turmalinita relacionada al campo de skarn El Placer, a unos 100 km al sur del Sara Urco (Litherland, 1988).

5. POTENCIAL MINERAL

5.1 Rocas de skarn

Como es sabido, la importancia de las rocas de skarn radica en su potencial económico a través de una amplia gama de minerales metálicos. De los estudios llevados a cabo por el Proyecto Cordillera Real hasta la fecha, se ha logrado definir una serie de campos que pueden ser integrados en una faja regional de skarn, a la que se le ha dado el nombre de skarn Llanganates.

Tal es el caso del campo El Placer (Litherland y Bermúdez, 1987), en las cabeceras del Río Mulatos; el campo Urcucocha, definido en la travesía Laguna Micacocha-Cosanga (Litherland y Pozo, 1989); cantos rodados hallados en el Río Quijos (Litherland y Pozo, 1989) tienden a definir la presencia de afloramientos en sitios aguas arriba; en igual forma, los bloques de skarn hallados en el Río Chalpi (afl. Río Oyacachi), en la travesía Oyacachi-Chaco (Litherland y Pozo, 1987).

Por último, el descubrimiento de las evidencias de un nuevo campo de skarn, halladas entre los escombros de un deslizamiento en las cabeceras del Río Sara Urco, es importante pues tiende a fortalecer la idea de la faja regional de skarn en zonas septentrionales, con lo que se completa al momento una longitud aproximada de 150 kilómetros; aunque sólo fueron identificados bloques de magnetita y pirita, no se descarta la posibilidad de que en este skarn exista un potencial polimetálico.

En relación a la zona del Salado, los bloques de skarn en el Río Diviso son escasos y derivados de una faja lejana, aguas arriba, probablemente está asociado con los calco-silicatos y mármoles. El drenaje regional indica que el campo de skarn no puede corresponder a las evidencias halladas al oeste del Sara Urco.

5.2 Los pórfidos

Forman unidades de hasta 1 km de ancho, siempre con bastante pirita. Los pórfidos constituyen candidatos para ser considerados como fuente del oro subandino.

5.3 Micropegmatita de turmalina

La presencia de este mineral indica la ocurrencia de metasomatismo de boro y la posible concentración de minerales económicos tipo pegmatítico.

6. REFERENCIAS

ARGUELLO C. y DÍAZ L. (1986) Informe de la Hoja del Reventador, a escala 1:100000, efectuada en los días 17 de noviembre al 5 de diciembre de 1986, INEMIN.

ARGUELLO C. y DÍAZ L. (1986-1987) Hoja geológica Reventador 1:100000 en proceso, INEMIN.

BARRAGÁN J. (1986) Informe de la comisión efectuada al área de Sara Urco, memorando No. 6086, INEMIN.

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica (no publicado).

LITHERLAND M. y BERMÚDEZ R. (1987) Informe técnico de la comisión efectuada a Salcedo-Las Carmelas-Río Mulatos, del 28 de septiembre al 8 de octubre del presente año, a fin de ubicar la "faja de skarn in situ", memorando No. 5400, INEMIN.

LITHERLAND M., ASPDEN J., BERMÚDEZ R. y VITERI F. (1986) Informe técnico de la comisión efectuada a Papallacta-Baeza, del 2 al 6 de junio de 1986, INEMIN, memorando No. 2658, no publicado.

LITHERLAND M. y POZO M. (1988) Informe técnico de la comisión efectuada a las provincias de Pichincha y Napo (Oyacachi-Chaco), del 04 al 18 de octubre de 1988, INEMIN.

LITHERLAND M. y POZO M. (1988) Informe de la travesía entre la Laguna Micacocha y la población de Cosanga, del 29 de noviembre al 14 de diciembre de 1988, INEMIN, memorando No. 0580, no publicado.

LITHERLAND M. y POZO M. (1989) Informe técnico de trabajos geológicos en los trayectos Laguna San Marcos-Río Sal Si Puedes y la zona de Baeza, del 17 de enero al 01 de febrero de 1989, INEMIN, memorando No. 1789, no publicado.

MAPA GEOLÓGICO DEL VOLCÁN REVENTADOR (1988) estudios realizados por INECEL y la Asociación de firmas consultoras del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair.

NARANJO P. (1981) El Clima en el Ecuador, Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1986) Informe de la hoja geológica Mariano Acosta (98), escala 1:100000, INEMIN.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1986) Hoja geológica Mariano Acosta (98), escala 1:100000, INEMIN.

Ing. Géol. J. Miguel Pozo T.   Dr. Martin Litherland

PROYECTO CORDILLERA REAL

No. 7149

QUITO, NOVIEMBRE 21, 1988

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. MARTIN LITHERLAND e ING. MIGUEL POZO T.

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión efectuada a las provincias Pichincha y Napo, del 04 al 18 de octubre de 1988

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto de colaboración técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación, así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales del Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivo

La comisión, motivo del presente informe, fue efectuada en los días 04 al 18 de octubre de 1988; su objetivo fue el de realizar una travesía de investigación geológica, por el valle del Río Oyacachi, desde el Anejo Cochapamba en la provincia de Pichincha, hasta la población de El Chaco en la Provincia de Napo.

La información geológica recopilada durante esta travesía incluyó: datos estructurales, muestreo de rocas para posteriores análisis petrográficos, toma de sedimentos pesados y fluviales en zonas de potencial interés económico, todos tendientes a concretar posibles correlaciones litológicas con los datos recopilados en previas geotravesías en la Cordillera Real.

1.3 Hidrografía, geografía y topografía

La zona se caracteriza por tener accidentes topográficos elevados y valles profundos, a lo largo de los cuales drenan torrentosos ríos tales como el Oyacachi, y sus tributarios el Cariyacu, Chalpi, Cedro, Santa María, San Juan Grande y Chico. Así conformado el Río Oyacachi, finalmente drena al Río Quijos.

Entre los accidentes geográficos que caracterizan la región se cuentan el Cerro Puntas, Loma Yaragala, Chimborazo Tola, Quiscatola, etc., cuyas altitudes están alrededor de los 4000 msnm, y conforman la divisoria de aguas en la zona de páramos de la Cordillera Real; allí es muy común encontrar valles y lagunas de origen glacial; en uno de tales valles se encuentra la población de Oyacachi.

Desde esta zona alta, la topografía inicia un continuo, y a veces abrupto descenso hacia la región subandina, dentro del área de investigación, hasta niveles altitudinales alrededor de los 1600 msnm.

1.4 Clima

Las condiciones topográficas mencionadas tienen su obvia repercusión en el clima de la región, el mismo que varía desde frío en las zonas altas a templado en las zonas bajas; en el primero las temperaturas pueden variar desde 0 hasta 11.9 grados centígrados, que corresponde a su vez a fajas altitudinales comprendidas entre 3000 y 4000 msnm.

En el segundo, en cambio, se considera la condición de flanco externo de la Cordillera Real en que se encuentra la variedad muy húmeda, con temperaturas entre 12 y 17.9 grados centígrados, correspondientes a la faja altitudinal entre los 1000 y 3000 msnm.

La época más lluviosa en la zona oriental del Ecuador, en la que se incluye el área de estudio, corresponde a los meses que van desde abril hasta octubre, con picos mayores en los meses de mayo, julio y octubre. De noviembre a marzo la cantidad de lluvias es menor. De hecho, ésta es la región más lluviosa y húmeda del país, en la que se registran más de 250 días de lluvia al año.

1.5 Aspecto socio-económico

Los habitantes de la población de Oyacachi están constituidos en una comunidad organizada, que dedica su tiempo a la agricultura, ganadería, y, aunque en pequeña escala, la pesca de trucha.

Es típico del sector la fabricación de bateas y cucharas de madera, para lo cual emplean la variedad de árbol denominada aliso.

1.6 Acceso

Desde la población Cangahua, en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, se toma el camino hasta el caserío Cochapamba. Este camino, en su último trayecto, no está lastrado, por lo que en épocas lluviosas se torna muy resbaloso y de difícil acceso vehicular; desde allí es posible llegar a Oyacachi, atravesando el páramo a pie y/o haciendo uso de mulas.



Existe un sendero de herradura que une Oyacachi hasta la confluencia del Río Cedro con el Oyacachi. Los ríos Carihuaycu y Chalpi, en medio de dicho trayecto poseen sendos puentes colgantes relativamente de reciente construcción, sin embargo, el Río Cedro se puede cruzar con polea a través de un cable instalado allí, para este propósito.

Una vez superado este obstáculo existe un sendero, descuidado desde el terremoto de marzo del 87 que afectó a esta zona, que en ciertos sectores se ha perdido y es necesario hacer uso de machetes, especialmente en la zona de Sisahua, la Quebrada del Muerto y aun hasta cerca del Río Santa María.

Finalmente, el Río Santa María es posible cruzar a pie (cuando no está crecido) y/o haciendo uso de un cable y polea.

En adelante, es posible seguir un camino de herradura hasta cerca de la población de El Chaco, desde donde han comenzado los trabajos tendientes a abrir un camino carrozable.

1.7 Metodología de trabajo

Fueron utilizadas las siguientes hojas topográficas a escala 1:50000 editadas por el IGM:

CT-ÑIII-B4-3993-II	"Oyacachi"
CT-OIII-A3-4093-III	"Santa Rosa de Quijos"
CT-ÑIII-B2-3993-I	"Cangahua"

Y las fotografías aéreas 7606 y 7775 (zona El Chaco, sin rollo ni línea), 7111 y 7112 (VM 1370PMW AF60-16 8 FEB65 R-78); 8845 y 8847 (R-43 LEARJET, 18-1-79, PROYECTO CARTA NACIONAL).

Se efectuó la recolección de 36 muestras de rocas, 7 de sedimentos fluviales y 12 de sedimentos pesados.

1.8 Personal asignado

Dr. Martin Litherland
Ing. Miguel Pozo T.
Sr. Manuel Célleri (perforista)
Sr. Luis Villacís (chofer)

1.9 Transporte

Jeep Land Rover placa AT-0068, perteneciente a la Misión Británica desde Quito hasta el caserío de Cochapamba y desde El Chaco hasta Quito.

A pie y con uso de mulas desde Cochapamba hasta la confluencia del Río Cedro con el Oyacachi y únicamente a pie desde dicha confluencia hasta la población de El Chaco

1.10 Detalle de actividades

04 Salida de Quito, llegada a Cochapamba.

05 Travesía desde Cochapamba a Oyacachi.

06 Trayecto Oyacachi-primer campamento.

07 Trayecto desde el primer campamento-confluencia del Río Cariyacu con el Río Oyacachi.

08 Trayecto desde la confluencia del Río Cariyacu con el Oyacachi, aguas arriba por el Río Cariyacu hasta su confluencia con el Río Sarayacu.

09 Trayecto desde la confluencia del Iguinto con el Sarayacu, aguas arriba por el Iguinto.

10 Trayecto desde la confluencia del Cariyacu con el Oyacachi-aguas abajo en dirección al Río Chalpi.

11 Trayecto desde la confluencia del Río Chalpi con el Oyacachi-Río Cedro.

12 Trayecto desde la confluencia del Río Cedro con el Oyacachi hasta la zona del Sisahua.

13 Trayecto desde la zona del Sisahua hasta la confluencia del Río Santa María en el Oyacachi.

14 Trayecto desde la confluencia del Río Santa María hasta la población de El Chaco.

15 Recorrido por la carretera, desde El Chaco hasta el Río Salado, con el fin de obtener datos relativos a aspectos logísticos, para la próxima geotravesía desde la Laguna de San Marcos, por el Río Salado, hasta la carretera Baeza-Lago Agrio.

También se realizó otro recorrido a la zona del Río Cosanga, con el objeto de determinar posibilidades logísticas para otra geotravesía desde el Antisana, por el Río Cosanga, hasta la población del mismo nombre.

16 y 17 Recorrido desde Baeza hasta Papallacta, a fin de establecer el reconocimiento de algunas características geológicas, equivalentes al corte geológico Oyacachi-El Chaco, motivo del presente informe.

18 Regreso a Quito.

1.11 Trabajos previos
La zona de Oyacachi ha sido estudiada previamente por varios grupos de la DGGM, actual INEMIN (Orellana y Torres, 1980, 1981; Torres, 1981).

También han realizado estudios petrográficos miembros de la Escuela Politécnica de Quito (P. Duque, comunicación personal).

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción
La información geológica viene de afloramientos y bloques caídos de las alturas del lado norte del Río Oyacachi. Esta descripción es objetiva y sin el apoyo de estudios microscópicos.

2.2 Rocas granitoides

2.2.1 Metagranito tipo Tres Lagunas
Por unos 2 a 4 km al este de Oyacachi los bloques están dominados por un metagranito/metagranodiorita con cuarzo azul ahumado. La roca es de grano grueso y con plagioclasa epidotizada y moscovita/?biotita. Hay una foliación tectónica. Pocos bloques de este material fueron observados al este del Río Cariyacu y también hay pocos bloques rodados en el Cariyacu.

Este metagranito es correlacionado, provisionalmente, con el conjunto Tres Lagunas de metagranitos tipo-S los cuales forman una cadena por la Cordillera Real al este del frente Baños (Litherland, 1988).

2.2.2 Plutón Río Cedro
Al este del Río Cedro por unos 3 km, existe un plutón metamorfizado de grano grueso y aspecto dominantemente leucocrático de composición cuarzo-monzonítica a granodiorítica. Bloques en el Río Cedro indican la presencia de xenolitos ígneos. Parece que por las márgenes hay metadioritas con foliación más intensa con apariencia a gneis de ojos.

La ubicación y composición del plutón Río Cedro es semejante a las del plutón Azafrán al sur en la Cordillera Real. No hay rocas plutónicas por el mismo rumbo por la carretera Papallacta-Baeza y por eso el plutón Río Cedro puede ser la extensión septentrional de una cadena de plutones tipo Azafrán.

2.2.3 Aplitas
Rocas ígneas cuarzo-feldespáticas leucocráticas de grano medio afloran 1.5 km al oeste del Río Santa María. Probablemente están “intercaladas” con la secuencia volcanosedimentaria local.

2.2.4 Pegmatitas
Se encuentran bloques de pegmatita a unos 3 km al este de Oyacachi. Hay núcleos cuarzosos de 10 km de ancho con bordes de albita y feldespato-K.

Arriba en el Río Cariyacu (ver mapa) hay bloques de pegmatita de composición feldespática-clorita, sin cuarzo.

2.2.5 Otros granitoides
Entre los ríos Cariyacu y Cedro hay varios indicadores de metagranitoides de composición generalmente de granodiorita a diorita (ver mapa).

2.3 Rocas metasedimentarias

2.3.1 Esquistos pelíticos
Esta litología domina varios sectores entre Oyacachi y el Río Cedro. Comprende esquisto de moscovita y cuarzo con o sin clorita, biotita, cloritoide, granate y grafito. Son de color pálido (moscovita), verde (clorita) o gris (grafito).

2.3.2 Esquistos grafíticos
Estos dominan un sector de unos 2.5 km entre los Ríos Oyacachi y Cedro.

2.3.3 Cuarcitas
Al oeste del Río Cedro las cuarcitas son de grano fino, de aspecto pálido y de composición ortocuarcítica. Normalmente se encuentra esta litología interestratificada con rocas pelíticas en secuencias semipelíticas. Sin embargo, hay escarpes de ortocuarcitas sin bandas pelíticas en la región del Río Cariyacu.

2.3.4 Metawackes
Rocas sedimentarias clásticas tipo “wacke” con granos de cuarzo de tamaño medio a grueso están intercaladas con rocas metavolcánicas al oeste del plutón Río Cedro.

2.3.5 Semipelitas: paragneis y “granoblásticas”
Al este de la faja de metagranito (ortogneis) de tipo Tres Lagunas la presencia de cuarzo azul y/o cuarzo ahumado sigue en rocas “granoblásticas” de origen sedimentario, no ígneo. La composición es esencialmente cuarzo-granate (de color rosado fuerte). Más al este éstas pasan a paragneis de moscovita-granate con bandas de hasta 20 cm de ortocuarcita pálida, con (bloques) de ortogneis.

Es interesante la restricción de la ocurrencia de cuarzo azul a una faja que comprende rocas metamórficas ígneas y sedimentarias.

2.3.6 Mármol impuro
Hay un arroyo (ver mapa) donde los bloques rodados en la mayoría son de mármol gris impuro de grano grueso granoblástico con abundancia de carbonato libre. Hay también bloques rodados en los Ríos Chalpi y Quijos de mármoles bandeados obscuros.

2.4 Rocas básicas

"Rocas verdes" de tipo meta-andesita o metabasalto dominan la geología al este del plutón Río Cedro hasta el Río Santa María. También hay afloramientos menos deformados/metamorfizados al SE del Río San Juan Chico, los cuales se pueden correlacionar con los volcánicos Misahuallí. Al oeste del plutón Río Cedro hay "rocas verdes" en forma de diques pre-metamórficos dentro de los esquistos pelíticos; y hay también bloques de anfibolita asociados con el metagranito tipo Tres Lagunas.

En el Río Chalpi hay bloques rodados de material máfico en forma de brecha, de tipo meta-aglomerado.

2.5 Rocas ultrabásicas

Bloques rodados de serpentinitas fueron observados en el Río Oyacachi, aguas abajo del Río Cariyacu, y en el Cariyacu. Subiendo el Cariyacu en busca de los afloramientos encontramos un bloque de tamaño de 2×1×1 m alrededor de 2 km aguas arriba (ver mapa). Más arriba de la unión con el Río Sarayacu no hay bloques de serpentinitas en el Río Cariyacu.

Se supone que los bloques vienen de la faja serpentinítica notada al sur por la Cordillera Real, entre los Ríos Pastaza y Papallacta (Litherland, 1988). En los últimos días de la comisión observamos bloques de serpentinita en los siguientes ríos:

(a) Río Quijos, cerca de la gasolinera de Baeza.
(b) Río Quijos, bloques hasta de 4×4×2 m, aguas arriba de la unión con el Río Papallacta.
(c) Río Chalpi, en la unión con el Río Papallacta.
(d) Río Cosanga, abajo del puente Cosanga.
(e) Río Aliso, cerca de 2 km arriba de la unión con el Río Cosanga.

Todas estas observaciones son de bloques de serpentinita del mismo aspecto: masiva y verde-oliva moteada. Ahora hay evidencia de que todos los ríos grandes que drenan la Cordillera Real por un largo estrecho (150 km) llevan rodados de serpentinita (Pastaza, Jatunyacu, Cosanga, Quijos, Oyacachi).

2.6 Rocas tipo skarn o epidota

(Ver 3.3.1)

2.7 Formaciones cretácicas

Se encuentran bloques rodados de pizarras rojas y negras derivados, probablemente, de las Formaciones Tena y Napo de edad cretácica, al este de un arroyo, 1 km al oeste del Río Santa María. Información del sector privado indica que estas Formaciones son parte de una serie de corrimientos con movimiento al este en el Río Oyacachi, al oeste de El Chaco.

2.8 Geología estructural

Al oeste del plutón Río Cedro, en el complejo metamórfico, las rocas tienen estructuras polifásicas. El primer plano tectónico (esquistosidad, clivaje) ya está casi destruido por el segundo (D2) lo cual forma la esquistosidad penetrativa dominante. Micropliegues de D2 hunden al norte con ángulos bajos. La segunda esquistosidad tiene por la mayor parte un rumbo andino con un buzamiento al oeste. No fueron observados buzamientos al E, pero hay varios sectores con buzamiento subhorizontal indicando la existencia de pliegues más tardíos (D3 o D4) de gran escala y de rumbo andino, lo mismo que se puede comprobar con pliegues monoclinales menores con hundimiento suave. También hay un clivaje de crenulación (D3 o D4) en algunos afloramientos de esquistos.

Al este del plutón Río Cedro la secuencia de "rocas verdes" y metawackes tiene un solo clivaje penetrativo, con rumbos y buzamientos excéntricos. Es posible correlacionar esta foliación con lo que afecta las Formaciones cretácicas, es decir una foliación de edad cenozoica.

En el mapa la línea que divide la zona compleja (dos o más esquistosidades penetrativas) de la zona con un solo clivaje está designada como el "frente Subandino", igual que en las geotravesías del sur.

2.9 Metamorfismo

Las rocas al oeste del "frente Subandino" tienen los minerales característicos de metamorfismo tipo-Barrow de facies esquisto verde de alto grado (granate, biotita, cloritoide, moscovita). Es posible que el sector del granito de Tres Lagunas y de las rocas granoblásticas/paragneis sean de grado más alto; se ha observado también anfibolitas. Estudios de láminas delgadas indicarán que esto es cierto.

Al este del "frente Subandino" las rocas son de grado más bajo de tipo filita y pizarra.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1 Ocurrencias de minerales metálicos

3.1.1 Oro

La siguiente tabla indica la presencia de oro de batea por la zona:

Número de muestra	Río y Ubicación	Número de chispas de oro
92	Río Oyacachi, cerca del pueblo de Oyacachi (Nuevo).	0 (dos bateadas)
93	Río Oyacachi, 300 m aguas arriba de la confluencia con el Río Cariyacu.	2 (una bateada)

94	Río Cariyacu, 40 m aguas arriba de la confluencia con el Río Oyacachi.	1 (una bateada)
95	Río Chalpi, 100 m aguas arriba de la confluencia con el Río Oyacachi.	0 (dos bateadas)
96	Río Oyacachi, 50 m aguas arriba de la confluencia con el Río Chalpi.	1 (una bateada)
97	Río Cedro, 100 m aguas arriba de la confluencia con el Río Oyacachi.	0 (dos bateadas)
98	Río Oyacachi, ca. 3500 m aguas arriba de su confluencia con el Río Santa María.	7 (una bateada)
99	Río Santa María, 400 m arriba de su confluencia con el Río Oyacachi.	1 (una bateada)
100	Río San Juan Grande, 400 m aguas arriba de su confluencia con el Río Oyacachi	2 (dos bateadas)
101	Río San Juan Chico, 400 m aguas arriba de su confluencia con el Río Oyacachi.	0
102	Río Quijos, 100 m del puente, ca. 4 km oeste de la gasolinera de Baeza.	8 (dos bateadas)

La distribución del oro aluvial indica que posiblemente hay más de una fuente primaria de oro en la zona.

3.1.2 Cobre

Mineralización de cobre fue identificada en los siguientes bloques de oeste a este (ver mapa):

(a) Traza de bornita en la roca granoblástica de cuarzo azul y granate.

(b) Río Chalpi: bloque de filita gris con mineralización pequeña de azurita/yeso.

(c) Río Chalpi: bloques pequeños de carbón con vetillas (5 mm) de calcita/grafito con pirita y calcopirita.

(d) Río Oyacachi: varios bloques del plutón Río Cedro de tipo granitoide o cuarzomonzonítico, de tipo foliado o no foliado, tienen mineralización de calcopirita-bornita-malaquita, pequeña y diseminada.

(e) Por el camino entre el plutón Río Cedro y el Río Santa María: bloques de metalava (roca verde) con pequeña mineralización de calcopirita-malaquita asociada con una veta de cuarzo.

(f) Río Santa María: pequeñas bolsas de calcopirita-pirita en vetas de cuarzo en bloques de roca de epidota de tamaño de hasta 10×4×2 m.

3.1.1 Hierro
Existe magnetita en los bloques de skarn del Río Chalpi/Oyacachi y del Río Quijos.

3.2 Ocurrencias de minerales no-metálicos

3.2.1 Asbesto
En el Río Chalpi hay pequeños bloques de una cuarcita? mineralizada (pirita) con trazas de un mineral blanco gris asbestiforme, pero sin interés económico.

3.2.2 Agua termal
En frente a Oyacachi Nuevo por el lado opuesto al Río Oyacachi hay una fuente de agua termal, la que los habitantes utilizan como piscina.

3.2.3 Carbonato
Hay bloques de mármol impuro (Ríos Chalpi y Quijos) y ocurrencias de travertino, pero ninguno de interés económico.

3.2.4 Grafito y carbón
Los esquistos grafíticos no tienen zonas de enriquecimiento.
En el Río Chalpi hay bloques pequeños de carbón masivo probablemente sedimentario, con grafito formado por zonas de movimiento.

3.2.5 Piedra ornamental
Hay varias litologías las cuales pueden ser consideradas para la industria de piedra pulida. Las más atractivas son las de cuarzo azul: el metagranito y, especialmente la roca granoblástica con cuarzo azul y granate de color rosado fuerte.

3.3 Potencial mineral

3.3.1 Campos de skarn y rocas epidóticas
Bloques rodados de rocas de tipo skarn "máfico" como los del campo de skarn El Placer en los Llanganates (Litherland, 1988) fueron encontrados en dos sectores.

(a) En el Río Chalpi y aguas abajo en el Río Oyacachi hay pequeños y escasos bloques de tipo skarn "máfico" de composición epidota-granate-magnetita-piroxeno-anfíbol?. Estos bloques no llevan una fuerte mineralización de sulfuros.

(b) En el Río Quijos aguas arriba de la confluencia del Río Papallacta, hay bloques rodados grandes de skarn “máfico” hasta 5×3×3 m de tamaño. También en el mismo río hay bloques de serpentinita, metagranito tipo Tres Lagunas y mármoles impuros obscuros. Los bloques de skarn contienen sectores rosados granatíferos de grano fino a medio divididos por zonas verdes ricas en epidota y zonas obscuras ricas en anfíbol y magnetita y todo intruido por vetas de calcita y cuarzo con sulfuros. Algunos sectores de la roca granatífera son de grano medio y de granate casi puro. Son semejantes a los skarns de Nambija, pero les falta las vetillas con adularia, son las que llevan el oro en Nambija.

Es claro que al seguir las cuencas de drenaje de los Ríos Chalpi y Quijos se encontrará dos nuevos campos de skarn con posible potencial para oro.

Hay rocas ricas en epidota asociadas con los bloques de skarn. Sin embargo, en los Ríos Santa María, San Juan Chico, Cosanga y Papallacta hay bloques de roca de epidota sin indicaciones de bloques de skarn.

En los Ríos Santa María y San Juan Chico los bloques ricos en epidota están asociados con las metalavas y metatobas verdes locales y es posible que sean producto del metasomatismo de contacto del plutón Río Cedro. Los bloques, son de tamaño de hasta 10×4×2 m generalmente mineralizados con sulfuros.

3.3.2 Fuentes de oro

La distribución de oro bateado (ver 3.1.1) indica que, probablemente, existe más de una fuente de oro. Pero esto no implica necesariamente que estas fuentes sean los skarns en el oeste y oro hidrotermal relacionado al plutón Río Cedro más al este, i.e. relacionado a la faja de oro Subandina (Litherland, 1988). Hay otras posibilidades, ej. volcanismo cenozoico, las serpentinitas y las rocas de carbón mineralizadas.

3.3.3 Recomendaciones

Dependiendo de los análisis de oro este proyecto tiene planes provisionales para volver a subir aguas arriba los Ríos Quijos y Chalpi (de Oyacachi), para ubicar nuevos campos de skarn y comprobar su potencial mineral y su ambiente geológico/tectónico. Cabe anotar que el campo de skarn de El Placer (Litherland, 1988) está en forma de un sobrecorrimiento tectónico subhorizontal.

4. REFERENCIAS

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica, Quito, inédito.

ORELLANA H. y TORRES R. (1981) Informe técnico de la comisión a la Hoja Cangahua, escala 1:50000, Dirección General de Geología y Minas, Quito, informe inédito.

ORELLANA H. y TORRES R. (1980) Informe de comisión a la Hoja Cangahua, escala 1:50000, Dirección General de Geología y Minas, Quito, informe inédito.

TORRES R. (1981) Estudio petrográfico (zona Oyacachi), Dirección General de Geología y Minas, Quito, informe inédito.

Dr. Martin Litherland   Ing. Miguel Pozo

PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 0580

QUITO, ENERO 17, 1989

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	DR. MARTIN LITHERLAND e ING. MIGUEL POZO T.
ASUNTO	:	Informe Técnico de la travesía entre la Laguna Micacocha y la población de Cosanga, del 29 de noviembre al 14 de diciembre de 1988

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto de colaboración técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación, así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial mineral, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivos

La comisión, motivo del presente informe técnico, fue efectuada en los días 29 de noviembre al 14 de diciembre de 1988; su objetivo fue el de realizar una travesía de investigación geológica, desde la Laguna Micacocha, por el Río Antisana, cabeceras del Río Cosanga y aguas abajo del mismo, hasta la población de Cosanga, en la región Amazónica, provincia de Napo.

La información geológica recopilada durante esta travesía incluyó: datos estructurales, muestreo de rocas para posteriores análisis petrográficos, toma de sedimentos pesados y fluviales en zonas de potencial interés económico, todos tendientes a concretar posibles correlaciones litológicas con los datos obtenidos de previas geotravesías en la Cordillera Real.

1.3 Geografía e hidrografía

La zona se caracteriza por tener accidentes topográficos elevados y valles profundos, a lo largo de los cuales drenan torrentosos ríos tales como El Antisana y Cosanga; a éste último se junta el Aliso que finalmente desemboca al Quijos.

Debido a la falta de nombres geográficos en las hojas topográficas utilizadas dentro del área investigada, han sido sugeridos algunos nombres de lengua Quichua, con el objeto de tener elementos para referencias de carácter geológico.

En este marco, tenemos los siguientes tributarios del Río Cosanga: Shingashcahuaicu, Lorohauicu, Parahuaicu e Ishcaiyacu.

Además, los siguientes accidentes geográficos:

Osourco y Ñancarourco, Chiriurco, Urcucocha, Shingashcaurco y Lorosacha, con altitudes alrededor de los 4200 msnm, desde donde la topografía inicia un continuo y a veces abrupto descenso hacia la región Subandina, dentro del área de investigación, hasta niveles altitudinales alrededor de los 2000 msnm.

1.4 Clima y vegetación

Las condiciones topográficas mencionadas tienen su repercusión en el clima de la región, el mismo que varía desde frío y gélido en las zonas altas, a templado en las zonas bajas; en las zonas altas las temperaturas pueden variar desde cero hasta 11.9 grados centígrados, que corresponden a su vez a las fajas altitudinales comprendidas entre 3000 y 4000, o más, msnm (Naranjo, P. 1981).

En el segundo, en cambio, se considera la condición de flanco externo de la Cordillera Real en que se encuentra la variedad muy húmeda, con temperaturas entre 12 y 17.9 grados centígrados, correspondientes a la faja altitudinal entre los 1000 y 3000 msnm.

La época más lluviosa en la zona oriental del Ecuador, en la que se incluye el área de estudio, corresponde a los meses que van desde abril hasta octubre, con picos mayores en los meses de mayo, julio y octubre. De noviembre a marzo la cantidad de lluvias es menor. De hecho, ésta es la región más lluviosa y húmeda del país, en la que se registran más de 250 días de lluvia al año.

1.5 Acceso

Se sugiere, que, durante los preparativos de futuras comisiones, se solicite permiso para cruzar la Hacienda Pinantura a la siguiente dirección:

Sr. Carlos Delgado
Calle La Cumbre No. 217 y Quiteño Libre
Quito

Desde la población de Píntag, se sigue por el camino que conduce a la Hacienda Pinantura y de allí a la Laguna Micacocha; si el tiempo es bueno y el terreno de este sector no está muy pantanoso, es posible seguir aguas abajo del Río Antisana en una distancia de 6 km más o menos.

Desde este punto hasta la población de Cosanga la travesía se la puede realizar a pie; primero, siguiendo el curso del Río Antisana. Luego cruzando los páramos de Osourco, Ñancaroyacu y Chiriyacu hasta llegar al nacimiento del Río Cosanga; luego, por el curso de este río se sigue hasta la población de Cosanga.

Otra alternativa, en la última etapa de la travesía, constituye seguir un sendero desde el sector denominado Las Caucheras, hasta el inicio del camino carrozable que conduce a la mencionada población.

1.6 Metodología de trabajo

Fueron utilizadas las siguientes hojas topográficas a escala 1:50000, editadas por el Instituto Geográfico Militar.

- "Cosanga", junio de 1988.
- "Laguna de Micacocha", enero de 1983.

Y las fotografías aéreas, LEARJET; PROYECTO CARTA NACIONAL:

10731, 80.02.11	8865, 79.01.18
8883, 79.01.18	8867, 79.01.18
8866, 79.01.18	8855, 79.01.18

Además, fueron recolectadas 50 muestras de roca, 5 de sedimentos pesados y 3 de fluviales.

Finalmente, como equipo colectivo fueron empleadas cuatro carpas y un cabo para andinismo.

1.7 Trabajos previos

Bermúdez R. (1988) Informe técnico de la comisión efectuada al Río Antisana, cabeceras del Río Cosanga, del 18 al 28 de enero del presente año (informe inédito), Instituto Ecuatoriano de Minería, Quito.

1.8 Personal asignado

Dr. Martin Litherland	(Misión Británica)
Ing. Miguel Pozo	
Sr. Manuel Célleri	(perforista)
Sr. César Vinueza	(chofer)



Como personal de apoyo fueron contratados los siguientes jornaleros en la comuna San Alfonso, de las inmediaciones de la población Píntag, provincia de Pichincha:

Carlos Catagnia, Tobías Morales, Pedro Bravo, Ángel Chauca, Jorge Ordóñez, René Ordóñez, Rosendo Flores y Segundo Flores.

1.9 Transporte

Fue utilizado el Jeep Land Rover placa AT-0068, perteneciente a la Misión Británica, desde Quito hasta la Laguna Micacocha y posteriormente desde Cosanga hasta Quito.

1.11 Detalle de actividades

Noviembre	
29 y 30	Acercamiento a la laguna Micacocha y Río Antisana
Diciembre	
01 y 02	Acercamiento por el Río Antisana
03	Acercamiento a las cabeceras del Río Cosanga
04 al 13	Travesía a lo largo del Río Cosanga hasta el sitio denominado Las Caucheras
14	Retorno a Quito.

Durante la travesía fueron tomados datos estructurales, muestras de rocas, sedimentos pesados y fluviales cuyos detalles se exponen en el capítulo referente a la geología.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

El corte Antisana-Cosanga comprende un paisaje tipo páramo hasta el frente Subandino. Es la zona de la Cordillera Real donde los páramos se extienden más hacia el este, por lo que facilitan los estudios de las rocas metamórficas.

En términos de estructura, sin duda, por primera vez se ha detectado un perfil tipo alpino-himalaya y así, el corte Antisana-Cosanga será muy importante para la geología del Ecuador y los Andes en general, por ser el sitio de la primera evidencia de estructuras clásicas de colisión continental.

2.2 Rocas granitoides

2.2.1 Metagranito tipo Tres Lagunas

Al oeste de la travesía afloran ortogneises y en ciertos lugares, con cuarzo azul. Al oeste de la Quebrada Soledad son de grano medio a grueso con una foliación tectónica. Al este predominan texturas desde "ojos" hasta miloníticas. Más al este, adentro de la división del skarn, existen unos filones tectónicos de metagranito (de este tipo) dentro de una zona pequeña muy complicada geológicamente.

La correlación con el conjunto granito Tres Lagunas está basada por el aspecto petrológico (presencia de cuarzo azul y moscovita) y su ubicación al oeste en la faja central del complejo metamórfico.

2.2.2 Granito Abitagua

Este batolito está ubicado al límite oriental del corte y no fue observado en el campo.

2.2.3 Pegmatitas

En la Quebrada Chiriyacu hay bloques rodados de ortogneises con vetas pegmatíticas plegadas.

2.2.4 Rocas feldespáticas

En el área alrededor de la Laguna Urcucocha, hay pequeñas zonas de rocas metaplutónicas con abundante feldespato, tipo "Azafrán".

Por la zona Subandina hay una intrusión feldespática de grano medio.

2.2.5 Microgranitos

En la Quebrada Chiriyacu hay bloques rodados de microgranito/aplita no deformado con puntos cafés de intemperización.

2.3 Rocas básicas

2.3.1 Metavolcánicas

Rocas verdes de composición meta-andesítica o metabasáltica predominan en la zona Subandina y en el Río Cosanga, aguas arriba. Son de apariencia masiva o esquistosa de facies de esquisto verde e intercaladas con esquistos grafíticos y rocas metavolcanoclásticas silíceas oscuras. De acuerdo a los bloques rodados, más hacia el este, la faja de rocas verdes comprende mayormente meta-aglomerados.

2.3.2 Metadoleritas

Hacia el oeste hay una banda de anfibolita de casi 80 m de espesor, intercalada tectónicamente con el metagranito tipo Tres Lagunas, que podría representar una intrusión dolerítica pre/sintectónica.

2.3.3 Dioritas
Al lado este de la Laguna Urcucocha hay zonas pequeñas donde aflora diorita fuertemente epidotizada, que podría corresponder al complejo Azafrán.

2.3.4 Rocas de epidota tipo "skarn"
Las rocas de esta clase afloran en una sinforma, intercalada tectónicamente con cuarcitas y esquistos cuarzosos (ver perfil). Son rocas verdes pálidas, masivas a gnéisicas, con epidota, cuarzo y anfíbol. Los tipos más masivos sin foliación tienen una superficie denominada "piel de elefante". No se determinó la presencia de granate ni magnetita, sin embargo, rocas idénticas afloran en el campo de skarn El Placer (Litherland, 1988). Por esta razón las rocas de epidota encontradas en la travesía Micacocha-Cosanga están correlacionadas con las de la faja de skarn Llanganates.

En un afloramiento al oeste de la Laguna Urcucocha se nota que el protolito de las rocas halladas allí, es una roca verde metavolcánica, con vetas de calcita; el proceso de epidotización es variable y anterior a la deformación subhorizontal lo cual ha dado origen a una brecha de zonas epidotizadas, zonas no-epidotizadas y vetas de calcita.

2.4 Rocas ultrabásicas

2.4.1 Serpentinitas
El corte Micacocha-Cosanga determinó las siguientes tres fajas de serpentinita por la Cordillera Real:

(a) La serpentinita de la Quebrada Soledad: por el flanco occidental del valle de la Quebrada Soledad hay afloramientos de serpentinita (Bermúdez, 1988) trazables en una línea.

Los afloramientos se presentan en forma de protuberancias redondeadas que sobresalen en la superficie por el contraste de resistencia de la serpentinita y las rocas encajantes. En el afloramiento estudiado había dos bandas de roca, una de 8 m de espesor y una de 2 m separados por 20 m sin afloramientos lo cual podría ser también serpentinita, con un espesor total de 30 m. Sin embargo, estas bandas no continúan por todo el rumbo del valle; en la quebrada al norte del afloramiento estudiado no hay serpentinita.

La roca es masiva, oscura, moteada con zonas verdes y con puntitos cafés de intemperización de material ferruginoso.

(b) La serpentinita de Urcucocha: no fue observada en afloramientos, sólo en bloques rodados en la Quebrada Chiriyacu y en las cabeceras del Río Cosanga. Así hay bloques rodados que vienen de cada flanco de la sinforma Urcucocha (ver perfil). Algunos bloques son de tipo masivo, pero muchos son muy foliados de color verde-gris laminado con marrón. Hay también un poco de sulfuros en estas últimas muestras y la presencia de porfiroblastos "micáceos" (clinocloro?).

Los bloques no son más grandes que 1×1×1 m y así la banda de serpentinita quizá sea delgada, su ubicación está probablemente entre las semipelitas y los esquistos (ver perfil).

(c) La serpentinita subandina: es otra banda de serpentinita identificada por bloques rodados. En el Río Cosanga, aguas abajo, los bloques pequeños de la serpentinita de Urcucocha desaparecen. Luego en la zona Subandina aparecen bloques grandes de tamaños de hasta 6×5×5 m, los cuales sugieren la presencia de una nueva banda, cuya ubicación está indicada aproximadamente en el perfil. La roca es masiva como la hallada en la Quebrada Soledad.

Los bloques de serpentinita cerca de Baeza (Colony y Sinclair, 1932; Litherland et al., 1986) representan probablemente la continuación al norte de la faja de serpentinita subandina.

2.4.2 Roca de actinolita

Hay bloques rodados de actinolita asbestiforme en la Quebrada Chiriyacu y probablemente están relacionados a la serpentinita de Urcucocha.

2.4.3 Esquisto ultramáfico

Pequeños bloques rodados de esquisto de actinolita-tremolita fueron observados en el Río Cosanga junto con bloques de dolomita (ver 2.5.8).

2.5 Rocas metasedimentarias

2.5.1 Cuarcitas

Cuarcitas pálidas de grano fino a medio de tipo de derivación continental afloran en el núcleo de la sinforma Urcucocha donde son tectónicamente intercaladas con las rocas de epidota. Son tectónicamente bandeadas y asociadas con esquistos cuarzosos. Algunos sectores desarrollan un mineral oscuro porfiroblástico, probablemente cloritoide.

Hay una banda de cuarcita fina intercalada, quizá tectónicamente, con los metagranitos al este de la Quebrada Soledad.

Ortocuarcitas también forman parte de las secuencias semipelíticas (ver 2.5.2).

Esquistos de cuarzo también afloran en la zona Subandina.

Bloques rodados de cuarcita? con fuchsita fueron encontrados en la Quebrada Ñancaroyacu.

2.5.2 Semipelitas

La más extensa zona de semipelitas aflora en los dos flancos del cañón del Río Cosanga. Son cuarcitas finas, pálidas, bandeadas con filitas negras grafíticas. La unidad en total es semejante a los de la división filítica semipelítica de Loja (Litherland, 1988).

Estructuralmente, abajo de la serpentinita de la Quebrada Soledad, hay una secuencia de filitas grafíticas interlaminadas con metalimolitas e intercaladas con ortocuarcitas.

2.5.3 Esquistos pelíticos

Metapelitas con moscovita y clorita dominan las secuencias estructuralmente bajo las rocas de epidota y bajo la dolomita. En la zona Subandina hay bloques de esquistos de cuarzo, cloritoide y dolomita.

2.5.4 Esquistos grafíticos

Filitas y esquistos grafíticos son prominentes en varias secciones, asociadas con rocas verdes, cuarcitas o esquistos pelíticos.

2.5.5 Metawackes y volcanoclásticos

Bloques de metawackes grises de grano medio fueron encontrados en el Río Cosanga arriba del frente Subandino; probablemente esta litología está asociada con las rocas verdes. Bloques semejantes vienen de los cerros localizados al este del frente Subandino.

En la zona Subandina hay también filitas negras-grises silíceas con volcanoclastos deformados.

2.5.6 Cherts

En la zona Subandina hay rocas silíceas finas, pálidas, bandeadas, las cuales podrían ser de tipo chert.

2.5.7 Mármol

En la zona Subandina hay bloques de mármol pálido de grano medio, aparentemente no relacionados con la Formación Napo y asociados con bloques de calizas lutíticas deformadas.

2.5.8 Dolomita

En la base estructural de las semipelitas del Río Cosanga hay bloques rodados de una roca masiva que lleva una superficie de intemperización de color café, tipo carbonato. Sin embargo, la roca no reacciona con ácido. Otros bloques llevan la moscovita verde (fuchsita). En lámina delgada la roca es dominada por carbonato, probablemente dolomita, con cuarzo y fuchsita como impurezas

2.6 Formaciones cretácicas

En la zona Subandina, aguas abajo en el Río Cosanga, se encuentran afloramientos de calizas y lutitas negras tipo Formación Napo. También hay bloques de ortocuarcita pálida y arenisca roja, las cuales se parecen a los de la Formación Hollín y Tena respectivamente.

2.7 Geología estructural

2.7.1 Historia tectónica

Se puede dividir el corte en tres dominios estructurales:

(a) El dominio oeste del frente Subandino, donde las foliaciones tectónicas son suaves.

(b) El dominio Subandino, donde las foliaciones tectónicas son subverticales.

(c) Más al este de la falla Río Cosanga, donde las Formaciones cretácicas no son deformadas.

Al oeste del frente Subandino la historia estructural tiene tres fases: D1-D3.

D1 es reconocida por el clivaje (esquistosidad S1) y muchas vetas de cuarzo subparalelas a la estratificación, plegadas por D2.

D2 es asociada con la esquistosidad S2 lo cual es representado por la foliación de buzamiento suave y coincide con el plano axial a pliegues recumbentes de rumbo andino; además forma la foliación milonítica en el metagranito.

D3 es responsable de pliegues monoformales, también de la sinforma Urcucocha (ver perfil) y del clivaje de crenulación de buzamiento fuerte al oeste. El plano axial de D3 tiene rumbo andino.

Sólo en el sector de la Laguna Urcucocha la geología se complica; allí las rocas metaplutónicas tienen foliaciones tectónicas subverticales de rumbo este-oeste. Pliegues subhorizontales, con el mismo rumbo, afectan a las rocas metapelíticas.

En la zona Subandina hay S2 sobreimpuesto a S1 en las rocas precretácicas. D3 está manifestado por el primer clivaje en las Formaciones cretácicas, lo cual le da una foliación tectónica débil y con fuerte buzamiento, plano axial a pliegues menores con fuerte hundimiento.

Al este de la falla Río Cosanga parece que la Formación Napo no tiene clivaje y no está deformada.

2.7.2 Una estratigrafía tectónica

Aunque se había visto pliegues recumbentes de longitud de onda de hasta 20 m, la mayoría de los contactos entre unidades litológicas probablemente son tectónicos y relacionados a fallas de sobrecorrimiento. Esta interpretación está apoyada por las foliaciones miloníticas y la yuxtaposición de litologías de diferentes ambientes de formación.

Así, en el perfil geológico (véase) se puede distinguir una estratigrafía tectónica en la Cordillera Real, basada en la superposición de "capas" de sobrecorrimiento. En la zona Subandina estas "capas" están afectadas por corrimientos terciarios, los que también afectan a las Formaciones cretácicas. Es posible que este evento terciario sea equivalente al D3 hacia el oeste.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1 Ocurrencias de minerales metálicos

3.1.1 Oro
Oro fue bateado aguas arriba en el Río Cosanga (ver mapa). Dos bateadas dejaron cuatro chispas angulares de oro. Aguas arriba la geología comprende esquistos, cuarcitas, rocas de epidota (skarn) y serpentinita.

3.1.2 Cromo
Fuchsita (moscovita de cromo) está presente en bloques de dolomita impura y cuarcita impura, pero sin interés económico.

3.1.3 Molibdeno
Mineralización diseminada tipo molibdenita (?), en una pared de roca epidótica a escala métrica, es característica en un sector al oeste de la Laguna Urcucocha.

3.2 Ocurrencias de minerales no-metálicos

3.2.1 Asbesto
Hay pequeños bloques rodados de actinolita asbestiforme en la Quebrada Chiriyacu, y pequeñas vetas (1 cm) de asbesto de antigorita en bloques de serpentinita aguas arriba en el Río Cosanga. Sin embargo, no hay interés económico.

3.2.2 Carbón
Esquistos/filitas grafíticos afloran en varias partes del corte, pero no hay enriquecimiento económico.

Pequeños bloques de carbón fueron vistos en el Río Cosanga aguas abajo, probablemente de la Formación Napo.

3.2.3 Carbonato
Bloques de mármol del basamento subandino y afloramientos de caliza de la Formación Napo.

Bloques grandes de dolomita impura fueron hallados en el Río Cosanga.

Depósitos de travertino hasta 1 m de espesor (ver mapa).

3.2.4 Talco

En pequeños bloques rodados de esquisto talcoso en la Quebrada Ñancaroyacu.

3.3 Potencial mineral

Se espera los análisis de la molibdenita (?) antes de considerar el potencial metálico de la zona.

Sin embargo, casi sin duda la roca de epidota representa la faja de skarn Llanganates (Litherland, 1988), la cual es trazable desde el Río Mulatos hasta Oyacachi (Litherland y Pozo, 1988) en una distancia de ca. 100 km.

La faja de skarn Llanganates aflora en campos de skarn aislados, debido a la erosión de una capa de sobrecorrimiento de skarn en niveles topográficamente altos. Hasta ahora los skarns no han dado buenas perspectivas económicas, pero la capa es tan gruesa (ca. 100 m ó más) que forma verdaderas montañas para la prospección metálica.

4. REFERENCIAS

BERMÚDEZ R. (1988) Informe técnico de la comisión efectuada al Río Antisana, Cabeceras del Río Cosanga, del 18 al 28 de enero del presente año, INEMIN No. 1934 (no publicado).

COLONY R. J. and SINCLAIR J. H. (1932) Igneous and Metamorphic rocks of Eastern Ecuador. Annal. New York Acad. Sci. Vol. XXXIV.

LITHERLAND M. et al. (1986) Informe técnico de la comisión efectuada a Papallacta-Baeza del 2 al 6 de junio, INEMIN No. 2568 (no publicado).

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica, Quito, inédito.

LITHERLAND M. y POZO M. (1988) Informe técnico de la comisión efectuada a las provincias de Pichincha y Napo del 04 al 18 de octubre 1988, INEMIN No. 7149 (no publicado).

NARANJO P. (1981) El clima del Ecuador, Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito.

Dr. Martin Litherland Ing. Miguel Pozo

PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 4919

QUITO, AGOSTO 11, 1988

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. MIGUEL POZO – PROYECTO CORDILLERA REAL
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión a las provincias de Azuay, Cañar y Chimborazo, del 22 de mayo al 15 de junio de 1988.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Cordillera Real contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real y de esta manera, tratar de establecer un modelo sobre los mecanismos de su formación, así como identificar una posible relación con el potencial mineral.

1.2 Objetivos

La comisión realizada durante los días 22 de mayo al 15 de junio de 1988, a las provincias de Azuay, Cañar y Chimborazo tuvo la finalidad de estudiar con mayor detenimiento el "complejo ultramáfico Tampanchi", con miras a definir en lo posible, sus contactos y establecer su relación estratigráfica con la división Alao-Paute.

Otro objetivo fue el de reconocer su probable presencia hacia el norte de Tampanchi, en la misma provincia de Cañar y también en la de Chimborazo, en las inmediaciones de las lagunas Magtayán y Cubillín.

Finalmente, se trató de encontrar nuevas evidencias, tendientes a definir las relaciones estructurales entre la división Alao-Paute y Formación Yunguilla.

1.3 Personal asignado

Ing. Miguel Pozo
Sr. Víctor Vega

1.4 Geografía e hidrografía

Las zonas estudiadas se hallan en las provincias de Azuay, Cañar y Chimborazo. El relieve se presenta muy irregular con largas y elevadas divisorias, tales como Cerro El Huangu, Huagra Loma, Loma Mesapata, Cerro Tamiamanga, Cerro del Gafel, Cerro Yanguán, Cerro Huiñahuarta, entre otras, y profundos valles, a lo largo de los cuales drenan torrentosos ríos como el Juval, Mazar, Ramada, Pindilig, que desembocan en el Río Paute.

1.5 Clima y vegetación

Debido a los cambios muy marcados en la topografía se encuentran varios climas, desde el frío andino hasta el templado, que influyen en la flora y fauna de la región. Estas características son aprovechadas por los pobladores de la región para la siembra de productos tales como: maíz, habas, cebada, trigo, etc.

Cabe destacar que en la zona de páramos se encontró bosque nativo, que está siendo deforestado en forma indiscriminada, por parte de los pobladores, con probable incidencia en el equilibrio ecológico de la región.

1.6 Vías de comunicación

Desde Azogues se sigue un camino carrozable, de revestimiento suelto que une las poblaciones de Taday, Pindilig, Shoray y Buenos Aires por el norte; Violán, Tampanchi, Huarainac, Tomebamba, Huachapata, Paute y Cuenca por el este y sur.

A zonas altas es posible llegar siguiendo caminos de verano y/o de herradura, tal es el caso del Anejo Huangra.

1.7 Aspecto socio-económico

La población está organizada en comunidades encabezadas por una directiva; entre las principales actividades que se desarrollan en la zona están la agricultura, ganadería, pesca y esporádicamente la minería de placeres auríferos. La elaboración de sombreros de paja es otra actividad característica, junto a la industria textil doméstica.

Últimamente el tendido de redes de alta tensión, ha significado otra fuente de ingresos, aunque para un reducido número de personas.

1.8 Trabajos previos utilizados

- Litherland M., Aspden J. A., Bermúdez R., Viteri F. (1988) Segundo Informe Anual, Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real, British Geological Survey, UK, Instituto Ecuatoriano de Minería.
- DGGM (1972-1973) Hoja geológica “Cañar”, escala 1:100000, Quito.
- DGGM (1972-1973) Hoja geológica “Alausí”, escala 1:100000, Quito.

1.9 Metodología de trabajo e itinerario

Fueron utilizadas las siguientes hojas topográficas a escala 1:50000, editadas por el IGM:

"Cola de San Pablo", 1969
"Huangra", 1968
"Guachapala", 1976
"Totoras", 1968

Las fotografías aéreas 11351 a 11354, R-58, LEARJET, de 26-8-80, esc. aprox. 1:60000.

Para el mejor éxito de la comisión, durante los días 22 al 27, se realizó un reconocimiento general de puntos representativos de la región, la que estuvo conformada por el siguiente personal:

Dr. Martin Clarke
Dr. John Aspden
Ing. Francisco Viteri
Ing. Miguel Pozo
Sr. Manuel Célleri
Sr. Víctor Vega

Durante esta fase fueron efectuados recorridos a afloramientos representativos de las turbiditas Maguazo, metavolcánicos Alao-Paute, filitas Yunguilla; ultramáficos de Tampanchi.

En cuanto se refiere al resto de la comisión, se realizó el muestreo de rocas en 104 puntos y se recolectaron 8 muestras de sedimentos pesados; otra actividad fue la medición de estructuras tales como: estratificaciones, foliaciones y lineamientos.

A los sitios donde no fue posible entrar con vehículo se lo hizo con la ayuda de acémilas y sus respectivos arriadores. Además, se contó siempre con la ayuda de jornaleros.

Los nombres dados a las rocas, en este informe, son tentativos. La posterior elaboración de láminas delgadas, su estudio y discusión permitirán llegar a conclusiones definitorias que serán dadas a conocer en el próximo informe anual.

El itinerario fue el siguiente:

Mayo de 1988

Provincias de Cañar y Azuay

28	Taday-Huarainac
29	Violán-Huarainac
30	Quebrada Tasqui, aguas abajo hacia el Río Paute, regreso por la margen derecha del Río Pindilig
31	Trayecto Pindilig, Río Dudas aguas arriba, Asunción Dudas

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

Junio de 1988

01 Pindilig, Cerro Yanguán y por la Quebrada Ingapata a la población de Shoray
02 Buenos Aires-Quebrada Llavircay
03 Buenos Aires-Huangra
04 Huangra-Río Juval (aguas abajo)
05 Huangra, Río Juval (aguas arriba)
06 Huangra-Buenos Aires-Pindilig
07 Travesía Quebrada Unig, Desincho, Loma Ventanilla, población Shall, Cerro Yanguán, Pindilig

Provincias Cañar-Chimborazo

08 Pindilig, Riobamba
09 Riobamba-Palmira, Osogochi, Laguna Magtayán (dificultades con comunidades indígenas y mal tiempo; se emprende retorno), Chunchi
10 Chunchi, Quebrada de Mangán (se reinician trabajos), Pindilig.
11 Pindilig, Huarainac, Quebrada Las Juntas
12 Loma Picotapata, Quebrada Tansaray, Río Cachi Corral aguas arriba
13 Quebrada Asunción Dudas aguas arriba
14 Visita a la mina Pilzhum, Azogues
15 Retorno a Quito

2. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología está dominada fuertemente por los efectos de erosión glacial y fluvial, en partes altas y bajas respectivamente.

La presencia de rocas metamórficas con amplia distribución y la acción erosiva de los ríos ha formado profundos valles de tipo "V", cuyas divisorias están representadas por cuchillas alargadas y muy escarpadas, de varios kilómetros de longitud.

En zonas constituidas por rocas graníticas la topografía tiende a adoptar formas redondeadas.

3. GEOLOGÍA

Conforme al propósito de la comisión, se puso énfasis en las unidades que se especifican a continuación; sin embargo, fueron encontradas otras unidades accesorias, pero que podrían tener algún significado en el contexto global del proceso geológico regional.

3.1 El Complejo máfico-ígneo Tampanchi

3.1.1 Antecedentes

De acuerdo al Segundo Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, se expresa que probablemente es el primer complejo máfico-ígneo estratificado en ser reconocido en el Ecuador.

3.1.2 Localización

Se trató de definir la extensión del afloramiento para lo cual se realizaron varias travesías, en las que fueron identificadas rocas de este complejo en la zona de Tampanchi (Foto 1) y a lo largo de la Quebrada Tasqui; hacia el sur, a lo largo del camino a Huarainac fueron encontrados bloques correspondientes a rocas similares.

Un recorrido a lo largo del camino desde Huarainac hacia Tomebamba, demuestra la influencia del complejo en mención hasta la Quebrada Dacñales (615-039), en cuyo lecho fue común hallar cantos rodados y bloques de rocas máficas; esto no aconteció en la Quebrada Las Juntas (605-015), lo cual tiende a delimitar la extensión del complejo mencionado hacia el sur.

Por el norte, en la margen izquierda del Río Pindilig, desde el sitio Desincho (620-094) hasta la Loma Ventanilla (645-099), fueron halladas rocas intrusivas básicas (CRMP-437-ABC).

Desde la Loma Ventanilla hasta Shall (6317-100) y luego pendiente arriba, hacia el Cerro Yanguán, únicamente fueron identificados esporádicos bloques caídos de basalto (CRMP-440); esta ocurrencia se dio también en los sitios Hacienda Ingapata (644-133) y de este sitio a 1 km al NW, en la margen derecha del Río Mazar, se aclara que en estas últimas localidades no se vio ningún indicio de rocas básicas como en el caso de Tampanchi.

Cabe añadir que en esta comisión no fue posible hallar espectaculares estructuras “sedimentarias” tipo “Alaskan Pipe” (véase Irvine, T. N., 1974; Murray, C., 1972), a escala decamétrica, que incluyan estratificaciones cruzadas, sedimentación gradacional, etc. Sin embargo, fue posible observar a menudo, rasgos texturales que dan la idea de una cierta segregación mineral, que ha producido en las rocas en mención, un aspecto exterior de vetas (Fotos 2-3), o apariencia sedimentaria.

En la travesía efectuada al valle del Río Juval (632-298), se puso atención en la posible presencia de rocas ultramáficas correlacionables a las del complejo Tampanchi.



Es importante señalar que, por lo menos en esta región investigada, no se detectaron evidencias de ninguna clase sobre el "complejo máfico-ígneo Tampanchi", lo cual tiende a desvirtuar la idea de su posible presencia en una franja alargada N-S.

Geomorfológicamente, es muy probable que estas rocas se extiendan hacia la margen derecha del Río Paute, en las cercanías del sitio Pahuancay (655-104) y/o la divisoria de las Quebradas Chontas y Pahuancay, en esta oportunidad no fue posible investigar en estos sitios.

En conclusión, a manera de avance en el estudio, se puede hacer una aproximación, tendiente a delimitar la extensión del complejo máfico-ígneo Tampanchi de la siguiente manera:

Delimitación tentativa del "complejo máfico-ígneo Tampanchi".

(a)	Por el Norte:	Margen izquierda del Río Pindilig, en las inmediaciones de los sitios Desincho y Loma Ventanilla.
(b)	Por el Este:	El Río Paute
(c)	Por el Sur:	Quebrada Dacñales
(d)	Por el Oeste:	Desde el sitio Desincho, Tampanchi, aguas arriba de la Quebrada Tasqui, los cerros Huiñahuarta y Gafel.

Según esta delimitación preliminar, el área aproximada en que este complejo ha sido detectado, es de aproximadamente 18 km^2.

3.1.3 Litología

Está compuesta por piroxenitas, hornblenditas, gabros, basaltos, dunitas (?) y serpentinitas (CRMP-358, 360-ABC, 370-1-2, 374-AB, 377 y 379 a 387-AB)

3.1.4 Relaciones estratigráficas

Las rocas del "complejo máfico-ígneo Tampanchi" no se encuentran deformadas como es el caso de la división Alao-Paute, además parecen corresponder a un estadio tardío de magmatismo, por lo cual, estratigráficamente, el "complejo máfico-ígneo Tampanchi" estaría encima de la división Alao-Paute y por lo menos bajo la Formación Tarqui.

3.2 Intrusivo Llavircay

3.2.1 Localización

Durante el recorrido efectuado a lo largo de unos 3 km por el Río Llavircay, fueron encontrados en su lecho varios afloramientos "in situ" de granodiorita (CRMP-411, 412, 417). Lo mismo en el camino desde Buenos Aires, por la margen derecha del Río Llavircay (637-181).

3.2.2 Litología
Roca félsica porfirítica, con cuarzo, plagioclasa y hornblenda: granodiorita, CRMP-411, 412, 417.

3.2.3 Relaciones estratigráficas
Aunque no existen evidencias de campo, se interpreta que esta unidad se halla cortando a las rocas de la división Alao-Paute; se desconoce su relación con el complejo ultramáfico Tampanchi, aunque teniendo en cuenta los procesos de diferenciación magmática, el intrusivo Llavircay podría estar estratigráficamente encima del mencionado complejo, y ambos correspondientes a un episodio tardío de magmatismo.

3.3 Filitas Llavircay (metabasaltos?)

3.3.1 Localización
Rocas de este tipo fueron localizadas en la Quebrada Llavircay (631-201), también en la margen derecha de la Quebrada San Vicente 2 (nombre provisional), en sus primeros 50 a 80 m, aguas arriba.

3.3.2 Litología
Rocas de color gris oscuro, con clivaje y apariencia de basaltos (CRMP-410, 413B, 414, 416).

3.3.3 Relaciones estratigráficas
Desconocidas, aunque su clivaje incipiente denota un poco de tectonismo, por lo que su depositación habría tenido lugar luego de la Formación Yunguilla y antes del desplazamiento del conjunto “complejo máfico-ígneo Tampanchi”/intrusivos Llavircay.

3.4 Formación Yunguilla

3.4.1 Localización
Existe un afloramiento en la margen izquierda del Río Ramada y aguas abajo, formando la divisoria entre este río y el Cachicorral, donde se presentan rocas en una antiforma, cuyo flanco meridional ha sido erosionado por el Río Ramada. Aparentemente Duda Loma (525-067) estaría conformada por estas rocas en la margen del Río Ramada; a unos 20 m al este del afloramiento en mención fueron hallados bloques de roca verde.

En la margen derecha de la Quebrada Yunguilla (537-095), se observaron pequeños afloramientos, también bloques afloran de la Formación Yunguilla exclusivamente; no se puede precisar si fueron rodados o si pertenecen a roca “in situ”, cubierta por depósitos recientes.

La diferencia geomorfológica en ambas márgenes de la Quebrada Tansaray, que aguas abajo se convierte en el Río Ramada, denota la existencia de dos litologías diferentes, con evidencias de Yunguilla y Alao-Paute.



En las cercanías del sitio Joaquirín (545-129), en dirección hacia el oeste, termina la presencia de la Formación Yunguilla y se nota nuevamente la aparición de roca verde con vesículas de ópalo(?) y piroxenos. Hasta más o menos 1 km al NW, en la margen derecha de la Quebrada Deshiñán, están presentes ambos tipos de rocas en forma de bloques caídos. En la margen izquierda de esta quebrada, en el camino recientemente abierto, para acercamiento a las torres de alta tensión, se encontró un bloque "in situ"(?) de roca verde con foliación buzante hacia el este y además con diaclasamiento.

Hasta Joaquirín (534-101) no fue posible hallar evidencias litológicas de ninguna clase, por haber cobertura de páramo, sin embargo, por la margen izquierda de la Quebrada Yunguilla fueron identificados afloramientos esporádicos de roca "in situ", correspondiente a esquistos y rocas verdes (CRMP-456).

Hacia el N del área de estudio, en los flancos septentrionales de la Loma Huacarrumi (555-103) y en la margen izquierda de la Quebrada Asunción Dudas (nombre provisional), fueron encontrados un afloramiento muy fracturado y bloques caídos de Yunguilla. Lo mismo aguas arriba en sus dos terceras partes correspondientes a su curso superior.

En el tercio inferior de su margen derecha, siguiendo hacia el SE y a lo largo de la margen derecha del Río Dudas, por el actual camino para el tendido de alta tensión, se encontraron diseminados, bloques subredondeados entre 0.80 y 2 m de diámetro, correspondientes a una andesita verde (CRMP-457), condición que subsistió hasta la Quebrada Playadudas (565-114, nombre provisional).

Hacia el SE de esta quebrada, a unos 150 m apareció un bloque aflorante ("in situ"?) de brecha consolidada, constituida por bloques de Yunguilla (Foto 6, CRMP-458), en una matriz consolidada; en adelante fueron encontradas rocas de la Formación Yunguilla y cantos rodados de roca verde.

En conclusión, rocas de la Formación Yunguilla "in situ" se hallan en la parte baja, al menos topográficamente, y son visibles en Asunción Dudas y en la Quebrada del mismo nombre; sin embargo, si bien no fueron encontrados afloramientos "in situ" de rocas verdes, la presencia de bloques de este tipo, hace pensar en rocas de la división Alao-Paute pendiente arriba.

3.4.2 Litología

Esta Formación está compuesta por una alternancia de argilitas, lutitas, tobas de color café amarillento a oscuro, de grano fino; hay estratificación, a veces con señales de tectonismo (S1) y deformación (D1).

3.4.3 Relaciones estratigráficas
Existen diferencias características entre la Formación Yunguilla y la división Alao-Paute, así, mientras la división Alao-Paute se halla muy cizallada, con por lo menos dos clivajes tectónicos (S1, S2) y varias deformaciones (por lo menos D1 y D2), la Formación Yunguilla aparentemente ha sufrido tan sólo una deformación (D1) y una etapa de clivaje tectónico (S1), por lo que sus rocas no presentan el grado de cizallamiento que el existente en la división Alao-Paute.

Por este motivo, es lógico suponer que la división Alao-Paute se formó primero y sufrió varias etapas de deformación y cizallamiento; posteriormente se originó la Formación Yunguilla y, luego ambas unidades litológicas, sufrieron la última etapa de deformación en conjunto.

En conclusión, conforme a lo manifestado, la Formación Yunguilla sobreyace a la división Alao-Paute.

3.4.4 Discusión
La ubicación de la división Alao-Paute, encima de la Formación Yunguilla, podría significar la presencia de un enorme plegamiento que ha llevado a estas rocas a la posición estratigráfica actual.

La presencia de brecha con bloques constituyentes de la Formación Yunguilla podría tener algún significado en dicho proceso.

Nuevos afloramientos tienden a establecer que el posible contacto de la Formación Yunguilla se encuentra localizado más hacia el este, en relación a la línea transicional de puntos colocada en la Hoja geológica “Cañar”, escala 1:100000, DGGM, 1972-1973.

3.5 División Alao-Paute

3.5.1 Localización
Constituyen rocas ampliamente distribuidas en la zona de estudio. Para explicar su presencia se dividirá la zona en las siguientes áreas: Sur, Sur-centro, Norte-centro y Norte.

3.5.1a Área sur
Comprendida desde la margen derecha del Río Ramada/Macas/Pindilig, y Paute, hacia el sur.

Las rocas verdes de la división Alao-Paute son visibles a lo largo del camino que conduce a Huarainac (636-058), por lo menos desde las inmediaciones de la Loma Picotapata (foto 5, 535-053). Así, en la margen izquierda de la Quebrada de Mangán (513-059), a unos 400 m aguas abajo de su confluencia con la Quebrada Gulag, se presenta un afloramiento con rocas silíceas grisáceas probablemente de esta división (CRMP-443).

En la zona de Capulípamba (545-069), en pequeños arroyos, fueron observados cantos rodados de roca gris verdosa por lo que es de suponerse la presencia de roca "in situ" pendiente arriba. Cabe la posibilidad de que, bloques encontrados cerca de la hacienda San Juan, en el punto 541-074, en la margen derecha del Río Ramada pudieran corresponder a partes aflorantes de rocas verdes "in situ" (foto 4).

Cerca de Rumirachi (580-083), se notaron afloramientos con diaclasas de roca gris verdosa (CRMP-363), que hacia el este cambian transicionalmente de rocas masivas, de este tipo, a foliadas. Son notorias zonas a escala decamétrica y métrica en las que, estratos masivos están intercalados con otros foliados.

Hay ocasiones en que es posible observar bloques no deformados de roca verde en medio de foliación, a manera de "ojos"; un caso de esto fue visible en el camino a Huarainac, en la margen izquierda de la Quebrada Sircay (591-065). Esto tiende a confirmar que las rocas verdes y los esquistos corresponden a una etapa sintectónica (?), mas no constituyen dos litologías de origen diverso.

Continuando hacia el este, se encontraron filitas hasta la Quebrada Concade (602-078); en adelante, y en forma transicional aparecen basaltos (CRMP-370), a veces rodeados de rocas foliadas probablemente de la división Alao-Paute y otras veces del "complejo máfico-ígneo Tampanchi".

En la Quebrada Tasqui (640-071) cerca al Río Paute, nuevamente aparece roca foliada oscura con sulfuros, de aspecto basáltico (filitas negras?), con alternancias de cuarzo.

Toda la zona de Shahuarpica (645-076), La Balsa y Palahuaicu, está constituida por roca foliada.

3.5.1b Área sur-centro

Localizada entre el Río Ramada-Macas-Pindilig y Paute, hacia el norte; y la Quebrada Shuden (575-156) y el Río Mazar hasta el Río Paute.

En las cercanías del sitio Joariquín (545-129), probablemente se halla el contacto entre la división Alao-Paute al este y la Formación Yunguilla hacia el oeste. Desde este punto, hasta más o menos 1 km al oeste, en la margen derecha de la Quebrada Deshiñán, están presentes ambos tipos de rocas en forma de bloques caídos.

En la margen izquierda de esta quebrada, en el camino recientemente abierto, para el acercamiento a las torres de alta tensión, se encontró un bloque aflorante (541-136), probablemente "in situ", de roca verde diaclasada, con foliación buzante hacia el este.

A unos 4 km hacia el sur, las rocas verdes están presentes en la margen izquierda de la Quebrada Yunguilla en la Loma Joaquirín y hacia el NE, en la margen derecha de la Quebrada Asunción Dudas (552-115).

Hacia el este, estas rocas hacen su aparición en las cercanías de Pindilig, en las inmediaciones del cerro Yanguán (600-124), y también son visibles por la Quebrada Ingapata (635-130) y la margen derecha del Río Mazar hasta la población de Shoray.

3.5.1c Área norte-centro, entre el Río Shudan-Mazar y el Llavircay

En el área entre el Río Mazar y Llavircay fue detectada la presencia de rocas foliadas (CRMP-413), a través de cantos rodados.

En la margen derecha de la Quebrada Tamiamanga, en el punto 630-172, existe un afloramiento, donde la roca parece haber sido afectada por fuerte tectonismo (CRMP-410). Hacia el norte, en la margen derecha del Río Llavircay (630-201), está presente roca con clivaje tectónico (CRMP-413-AB).

Cerca de este sitio, en el lecho del Río Llavircay fueron encontrados cantos rodados de rocas verdes, filitas negras, andesitas, rocas félsicas porfiríticas con piroxenos y plagioclasas en cristales de 2 a 6 mm, y cuarzo. Aguas abajo, fue identificada “in situ”, una roca oscura con cierto clivaje (CRMP-414).

En la travesía efectuada al Anejo Huangra, desde el sitio Hacienda San Francisco (619-163) fueron encontrados pequeños bloques caídos de filitas grises y cafés. En esta oportunidad no fue posible identificar buenos afloramientos a causa de la cobertura vegetal, sin embargo, parece que esta litología se extiende hasta el Cerro Huangu (625-232), donde también esta evidencia fue encontrada. Desde este punto hacia el norte, la litología cambia a rocas verdes masivas y/o con foliación.

En el punto 641-152 se halló también roca foliada (CRMP-420) correlacionable con la división Alao-Paute.

3.5.1d Área norte

Localizada entre la divisoria representada por los páramos del Cerro El Huangu (625-233) y hacia el norte el Río Juval.

En los páramos del Cerro El Huangu, se observaron esporádicos afloramientos redondeados de roca verdosa masiva y foliada, con cristales verde-oscuros (CRMP-422); esta condición, aunque no hubo afloramientos, fue detectable en el Anejo Huangra, a través de bloques caídos.

En una travesía efectuada por la margen derecha del Río Juval, entre los puntos 640-286 y 676-249, fue posible detectar la presencia de esquistos verdes, filitas negras y cuarcitas. Estas evidencias fueron encontradas en las Quebradas Daule (635-273), Huangra Yacu (650-270), San Carlos (645-263), Llohuarcu (655-258), El Chorro (661-244) y Tuncay (670-244).

En la Quebrada Daule, se encontró un contacto entre filitas grises en la margen izquierda, y roca verde masiva en la derecha, por lo menos visible en un trecho de unos 10 m (véase CRMP-429 y 430, respectivamente).

3.5.2 Litología

Como se ha mencionado reiteradamente, esta división está conformada por filitas grises, negras y amarillas; así también por rocas masivas verdes y esquistos del mismo color; finalmente, por cuarcitas.

3.5.3 Relaciones estratigráficas

En la presente comisión no fue posible encontrar contactos entre esta división y la Formación Yunguilla. Sin embargo, evidencias halladas en varios sitios, tales como en la Hacienda San Juan (545-076), Loma Joaquirín (540-099), Quebrada Asunción Dudas (553-115) y en las inmediaciones de la población del mismo nombre, hacen pensar que hay un contacto definido entre la división Alao-Paute y la Formación Yunguilla, mas no transicional como se ha venido sugiriendo; esta afirmación tiene su base en los cambios litológicos observados en distancias relativamente cortas: por ejemplo 100 m en la Quebrada Asunción Dudas y también en las diferencias en el grado de deformación y cizallamiento, característicos en cada unidad.

Por las razones expuestas en las relaciones estratigráficas de la Formación Yunguilla (véase 3.4.3), ésta estaría sobreyaciendo a la división Alao-Paute.

3.6 Rocas volcanosedimentarias Dudas

3.6.1 Localización

Estas rocas han sido identificadas en varios sitios: uno se encuentra en un afloramiento del sitio Asunción Dudas hacia el NW (551-129).

En el camino de Taday-Pindilig, pasando el puente, en la margen izquierda del Río Ramada se halla un afloramiento puntual, de rocas de aspecto fino-granular, probablemente correlacionable con las rocas halladas en el camino de Asunción Dudas aguas arriba del Río Dudas; en el punto 559-079, cerca de Taday fueron encontrados afloramientos de este tipo de rocas (CRMP-446-A), donde también hay una posibilidad de correlación.

3.6.2 Litología

Son rocas café amarillentas con pintas blanquecinas fino-granulares (CRMP-393, 446-AB). Los afloramientos se presentan diaclasados.

3.6.3 Relaciones estratigráficas

Se hallan concordantemente sobre los basaltos Dudas. A su vez, estas rocas se hallan bajo la Formación Yunguilla, lo cual es posible observar a unos 300 m aguas arriba del punto 551-129.

3.7 Basaltos Dudas

3.7.1 Localización

Se localizan cerca de la población de Taday en el punto 574-080.

3.7.2 Litología

Es una roca gris-claro, afanítica, masiva; se encuentra en afloramientos puntuales fracturados, pero sin foliación (CRMP-394).

3.7.3 Relaciones estratigráficas

Al momento se desconocen sus relaciones estratigráficas.

4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1 Plegamientos

Fueron identificados plegamientos en un afloramiento de la Formación Yunguilla, en las cercanías de la Hacienda San Juan (541-074, foto 4), con plano axial a 177/84E y el eje del pliegue a 190→20N que se extiende hacia el norte, y probablemente es correlacionable con las estructuras de la Formación Yunguilla, halladas en la zona de Asunción Dudas.

En cuanto se refiere a las demás unidades litológicas, el grado de plegamiento es tan intenso que su carácter isoclinal llega a confundirse con la foliación y resulta muy difícil su identificación, tal es el caso de la división Alao-Paute.

En otros casos resulta que la roca se presenta muy diaclasada, en patrones de diversa orientación.

4.2 Foliaciones

De los datos estructurales tomados, las foliaciones en general presentan orientaciones y buzamientos muy variables, sin embargo, de los pocos datos tomados se avizora en la orientación, una tendencia NE-SW; el buzamiento por su parte, a veces está hacia el N y a veces hacia el S. En el mapa geológico (anexo 1), puede observarse lo mencionado.

4.3 Diaclasas

A más de las foliaciones también fueron efectuadas mediciones de diaclasas cuyo listado se presenta en el anexo 2, en el que se adjunta el número de la estación correspondiente y que se presenta en el mapa geológico.

En cuanto a las diaclasas, se pueden definir varias orientaciones, las mismas que han sido representadas en el diagrama de puntos incluido en el texto, donde es predominante la orientación NW-SE.

4.4 Fallas geológicas

Se considera que en toda la región están presentes las evidencias de fallamiento, que generaron extensas zonas de milonitización, visibles en la división Alao-Paute, por lo tanto, se puede considerar que la región estuvo sujeta a un sistema de fallamiento regional, con orientación aproximada NE-SW.



5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Los minerales descritos a continuación corresponden a muestras de mano y por lo tanto son nombres tentativos. Cuando sean realizados los respectivos ensayos de laboratorio se podrá contar con una nomenclatura más exacta.

5.1 Grafito

En la zona Zarpán (596-074), filitas grafitosas (CRMP-366).

También fueron encontradas rocas con iguales características en el sitio Desincho, en 616-096 (CRMP-436).

5.2 Magnesita

Cerca de Tampanchi en el punto 619-083, en forma de un polvo blanquecino, producto de alteración de serpentinitas.

5.3 Sulfuros

En el lecho de la Quebrada de Tasqui (649-070), sulfuros en forma de cubos de pirita (CRMP-389-AB).

Cerca de Llamacón, en el punto 629-026, la roca se presenta con mucha mineralización representada por cubos de pirita (CRMP-452-ABC).

Cerca del Cerro Yanguán en el punto 608-121, mucha mineralización en forma de cristales cúbicos de pirita, de varios mm de diámetro.

Cerca del sitio Desincho (620-093), fue encontrada mineralización de pirrotina (?, CRMP-437-A).

En el Río Juval, en el punto 664-268 se encontró mineralización de pirrotina (?, CRMP-427-B).

5.4 Placeres auríferos

En el Río Dudas se sacó arena negra, sin resultados de oro (CRMP-P-074).

En la Quebrada Asunción Dudas (558-128), en varios intentos se obtuvo muy poca arena negra, sin ningún indicio aurífero (CRMP-P-075).

En el mismo río, en el punto 550-133, se hizo dos ensayos en batea, con resultados negativos para oro (CRMP-P-076).

En el Cerro Yanguán se efectuó el muestreo con batea, en dos intentos salió tan sólo poca arena negra y con una chispa minúscula de oro (?, CRMP-P-077).

En el Río Juval, en el punto 671-260, en tres intentos se sacó una chispa minúscula de oro (CRMP-P-078).

En la Quebrada Dacñales, en el punto 626-035, en tres bateadas se obtuvo muy poca arena negra, sin señal de oro (CRMP-P-079).

En la Quebrada Juntas, en 610-012, muy poca arena negra y no hay indicios de oro (CRMP-P-080).

En la Quebrada Tansaray, en 541-054, en cuatro bateadas, se obtuvo mucha arena negra, sin embargo, no fue detectado oro (CRMP-P-081).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conforme a los objetivos de la comisión, se llegó a concluir en forma preliminar y tentativa, la siguiente delimitación del "complejo máfico-ígneo Tampanchi".

(a) Por el Norte: Margen izquierda del Río Pindilig, en las inmediaciones de los sitios Desincho y Loma Ventanilla.

(b) Por el Este: El Río Paute

(c) Por el Sur: Quebrada Dacñales

(d) Por el Oeste: Desde el sitio Desincho, Tampanchi, aguas arriba de la Quebrada Tasqui, los cerros Huiñahuarta y Gafel.

Según esta delimitación preliminar, el área aproximada en que este complejo ha sido detectado, es de aproximadamente 18 km^2.

Las rocas del "complejo máfico-ígneo Tampanchi" no se encuentran deformadas como es el caso de la división Alao-Paute, además parecen corresponder a un estadio tardío de magmatismo, por lo cual, estratigráficamente, el complejo en mención estaría encima de la división Alao-Paute y conforme a los datos obtenidos, por lo menos bajo la Formación Tarqui.

Por otro lado, 20 km al norte, en la travesía efectuada al valle del Río Juval (632-298) se puso atención en la posible presencia de rocas máficas correlacionables a las del complejo Tampanchi; por lo menos en la región investigada, entre los puntos 640-286 y 676-249, no se detectaron evidencias de ninguna clase sobre el "complejo máfico-ígneo Tampanchi", lo cual tiende a desvirtuar la idea de su posible presencia en una franja alargada N-S.

Se recomienda, por lo tanto, realizar estudios localizados en la zona, tendientes a definir en forma más precisa los límites y contactos del complejo en mención. Concretamente, investigar el sector meridional de las lomas Chimborazo (585-53), Huiñahuarta (605-058), Ñuñurca (570-041) y Cerro Salel (600-042).

Respecto a otro de los objetivos planteados para la comisión, se concluye en que existen diferencias características entre la Formación Yunguilla y la división Alao-Paute; así, mientras que la división Alao-Paute se halla muy cizallada, con por lo menos dos clivajes tectónicos (S1 y S2) y varias deformaciones (por lo menos D1 y D2), la Formación Yunguilla aparentemente ha sufrido tan sólo una deformación (D1) y una etapa de clivaje tectónico (S1); por lo que sus rocas no presentan el grado de cizallamiento que el existente en la división Alao-Paute.

Por este motivo, es lógico suponer que la división Alao-Paute se formó primero y sufrió varias etapas de deformación y cizallamiento; posteriormente se originó la Formación Yunguilla y, luego ambas unidades litológicas, sufrieron la última etapa de deformación en conjunto. Como corolario de esto se desprende que, la Formación Yunguilla sobreyace a la división Alao-Paute.

Nuevos afloramientos tienden a establecer que el contacto de la Formación Yunguilla se encuentra localizado más hacia el este, por lo menos en el trayecto comprendido entre la Quebrada de Mangán (513-056) y Asunción Dudas (554-125), en relación a la línea transicional de puntos colocada en la Hoja geológica “Cañar”, escala 1:100000, DGGM, 1972-1973.

A este respecto se recomienda realizar las investigaciones más prolijas, tendientes a definir en forma más precisa el contacto entre las unidades litológicas en mención. Concretamente, en el trayecto comprendido entre la Quebrada de Mangán, Asunción Dudas y, más al norte, en las inmediaciones del Cerro Pilishurco (556-172).

7. REFERENCIAS

DGGM (1972-1973) Hoja geológica “Alausí”, escala 1:100000, DGGM, Quito.

DGGM (1972-1973) Hoja geológica “Cañar”, escala 1:100000, DGGM, Quito.

IRVINE T. N. (1974) Petrology of the Duke Island ultramafic complex, SE Alaska; Mem. Geol. Soc. Am. 138, 240 pp.

LITHERLAND M., ASPDEN J. A., BERMÚDEZ R. y VITERI F. (1988) Segundo Informe Anual, Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real, British Geological Survey, UK, Instituto Ecuatoriano de Minería.

MURRAY C. (1972) Zoned ultramafic complexes of the Alaskan type: feeder pipes of andesitic volcanoes. Mem. Geol. Soc. Am. 132: 313-335.

8. ANEXOS

8.1 Mapas

- Estaciones
- Ubicación de muestras
- Geológico

8.2 Datos estructurales

Lista de datos estructurales de diaclasas, diagrama de puntos y de frecuencia.

8.3 Fotos

(1) Visita desde la loma Caballo Pugllana hacia la zona de Tampanchi (625-081); se ve el valle del Río Pindilig.

(2) Bloque caído con pseudo(?)estructuras cumuláticas, hallado en la Quebrada de Tasqui (640-071).

(3) Sitio Iglesias (615-064), Quebrada de Tasqui, afloramiento con pseudo(?)estructura cumulática.

(4) Afloramiento de la Formación Yunguilla en antiforma erosionada, en la margen izquierda del Río Ramada. Los bloques aflorantes a la izquierda del camino corresponden a la división Alao-Paute; se desconoce si están o no "in situ".

(5) En primer plano la Loma Joaquirín (538-098), en cuya margen derecha afloran rocas de la Formación Yunguilla y en la margen izquierda de la división Alao-Paute. En segundo plano, a la izquierda, la loma Picotapata, donde cambia la geomorfología y hay mucha evidencia de rocas de la división Alao-Paute.

(6) Brecha con bloques constituyentes de la Formación Yunguilla.

Ing. Miguel Pozo T.
PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 6912

QUITO, OCTUBRE 28, 1988

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión efectuada del 31 de agosto al 25 de septiembre de 1988, al sur del país.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Cordillera Real está llevando a efecto una compilación de información básica de campo, tanto geológica como estructural a nivel regional, es así que al momento cuenta con una configuración geológica original del país, más específicamente dentro de la Cordillera Real, para así con estos modelos relacionarla a sectores de concentración mineral económico en diferentes lugares del país.

1.2 Objetivos

Los principales objetivos de esta comisión realizada del 31 de agosto al 25 de septiembre del presente año, fueron los de compilar información geológica estructural en el sur occidente del país, en los sectores de la Falla Las Aradas, realizándose en dos etapas de travesías a pie, la primera desde Jimbura siguiendo el Río Isimanchi hasta Zumba y, desde Amaluza, Manguira hasta Palanda.

En la segunda etapa de esta comisión se efectuó un estudio en los sectores de La Canela, El Vergel y Río Panguri; finalmente se realizó un reconocimiento por Malacatos, Filo Toledo y El Tambo, en la provincia de Loja.

1.3 Personal asignado
En la presente comisión participaron:

Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA-BGS
Sr. Manuel Célleri	INEMIN
Sr. Germán Galeas	INEMIN

Utilizándose como medio de transporte el Jeep Land Rover de la Misión Británica, placa AT-0056.

1.4 Hidrografía
En la zona a nivel regional, las principales redes de drenaje que dominan la parte occidental son los Ríos Espíndola y Pindo, el primero sirve como límite entre Ecuador y Perú, estos continúan su drenaje hacia el occidente para formar el Río Macará y desembocar en el Pacífico con el nombre de Río Chira en el Perú.

En la cuenca hidrográfica del Oriente dentro de la zona de trabajo, los principales drenajes son el Río Isimanchi, Río Jíbaro, Vergel, estos drenan hacia el Río Numbala que va en dirección Norte-Sur, continuando las aguas hacia el Río Zamora para luego tomar el nombre de Río Santiago y desemboca en el Océano Atlántico.

1.5 Clima y vegetación
El clima en el sector occidental de la zona de estudio, es decir por Amaluza y Jimbura, son zonas de clima templado, la vegetación es variada, se cultiva arroz, caña de azúcar, yuca, etc. Para luego pasar a las zonas altas de la Cordillera de Sabanilla, con una altitud de hasta 3600 msnm, donde el clima es frío y la vegetación baja con pequeños matorrales y pajonales, los vientos son fuertes en la temporada de verano. Para finalmente caer a la zona oriental es decir donde están asentadas las poblaciones de Palanda, Valladolid, Zumba, entre las principales.

En estos sectores el clima es cálido húmedo en diferentes épocas del año variando a templado, en donde la vegetación es típica de sectores orientales predominando las plantaciones de caña, yuca, etc. La segunda zona donde se efectuó el trabajo tiene un clima cálido húmedo cuyas altitudes varían: Palanda 1187 msnm, Cordillera de Numbala 2117 msnm, Cumandá 1405 msnm. La vegetación predominante es café y caña de azúcar, también la ganadería es de mucha importancia.

1.6 Acceso
A la parte occidental de la zona de estudio, el acceso se lo puede hacer desde Loja, a Amaluza y Jimbura en carreteras de segundo orden, pero desde este punto, se inicia la travesía hacia el Oriente a pie, para llegar a Palanda y a La Diversión, respectivamente. Desde estos puntos existe una carretera de segundo orden para salir de Zumba a Malacatos y Loja; la segunda etapa desde Palanda hasta La Canela y Río Panguri, se hace toda la travesía a pie. Ver Mapa No. 1.



2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

Los detalles de las observaciones geológicas realizadas en las travesías Amaluza-Palanda, Jimbura-Zumba y de La Canela, con la localización de rocas y muestras geoquímicas recolectadas están indicadas en el Mapa No. 2. Todas las identificaciones son macroscópicas basadas en muestras de mano, al momento no contamos con secciones delgadas tampoco con datos de análisis geoquímico, por consiguiente, los resultados de este informe técnico son provisionales.

Debería tomarse en cuenta que las travesías geológicas de la parte este de Amaluza-Palanda y Jimbura-Zumba, fueron realizadas por el Proyecto en 1986. (Mangira-Palanda y Quebrada Ahogado-La Diversión-Zumba). Por lo que deberían revisarse estos informes preliminares para mayores detalles.

Las divisiones litológicas principales están indicadas en el Mapa No. 2 y son: la división semipelítica de Loja, el Complejo de Sabanilla y El Conjunto Tres Lagunas, estas divisiones han sido establecidas por el Proyecto con anterioridad (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real 1987-1988).

2.2 Travesía Jimbura-Zumba y Amaluza-Palanda

En la primera parte de la travesía realizada, es decir Amaluza-Palanda y Jimbura-Zumba ha sido conveniente dividir la geología en tres zonas: zona occidental, central que corresponde al Batolito de Portachuela, y la zona oriental.

2.2.1 Zona Occidental

Esta corresponde al área oeste del Batolito Portachuela, y en la parte sur del Ecuador las rocas metamórficas de la Cordillera Real están cubiertas por una larga extensión de rocas volcánicas del Terciario Inferior (Paleoceno), perteneciente a la Formación Sacapalca (Baldock, 1982). Solamente al sur de Jimbura se pudo ver rocas metamórficas y en pocos lugares. Los primeros afloramientos ocurren cerca de 4 km al sur del Río Bermejo y consiste en un gneis de biotita muy meteorizado, el cual puede ser asignado al Conjunto Tres Lagunas. Más al sureste, estos afloramientos quizás fueron remplazados por milonitas, los cuales han sido probablemente silicificados por la intrusión del Batolito Portachuela. Los afloramientos de rocas “metamórficas” son discontinuos, pero es importante que no hay evidencia de deformación tanto en la Formación Sacapalca como a lo largo del Batolito de Portachuela.



La calidad de exposiciones de las rocas metamórficas ha impedido detallar las estructuras locales existentes, pero en términos regionales la falla de Las Aradas define el límite estructural occidental de la Cordillera Real al sur del Ecuador (ver capítulo "Reconocimiento geológico de la falla Las Aradas", adjunto a este informe/2.4). La presencia de gneis de biotita del Conjunto Tres Lagunas en el límite occidental del Batolito de Portachuela y la probable existencia de milonitas han sido consideradas para hacer un trazo aproximado de esta falla. La comprobación de las imágenes SAR o SPOT que no están disponibles en INEMIN, puede sin embargo demostrar con más exactitud la posición de la falla Las Aradas.

2.2.2 Zona Central

La zona Central corresponde al Batolito de Portachuela que es una formación mayor en intrusión tipo-I que está compuesta por granito/granodiorita y diorita. Estas variaciones en la composición del batolito son bien marcadas a lo largo de la ruta sur de Jimbura y en el oeste consiste de una monzonita leucocrática con hornblenda y bastante biotita, de grano medio a grueso, esta secuencia de rocas predomina al norte de esta zona, es decir por los sectores de la laguna de Cachiragua y Yacuri; hacia el este en el sector de la Laguna Silvan esta serie se halla interrumpida por rocas porfiríticas mineralizadas con sulfuros (pirita y posiblemente oro), lo mismo sucede en los afloramientos expuestos en el nuevo camino al este de Quebrada Calderón (ver Mapa 2). Una datación K-Ar (biotita) de uno de estos pórfidos da una edad de 12 ± 1 Ma. Las interpretaciones preliminares de estos resultados es que las edades K-Ar no son recomendadas, sin embargo, el Batolito de Portachuela es probablemente de edad Miocénica. Estas dos fases han sido datadas por el Proyecto dando edades K-Ar (biotita y hornblenda) que fluctúan de 24 ± 5 a 17 ± 1 Ma.

Si bien el contacto oeste del batolito no está muy bien expuesto, en el sureste de San Andrés se puede ver que el batolito intruyó las rocas más viejas del basamento del "Complejo Sabanilla". También podemos observar en el oeste de Las Juntas y San Andrés que hay una significante cantidad de bloques grandes de rocas metamórficas de más alto grado tipo "Sabanilla", los cuales han sido considerados como xenolitos y en algún caso con la apariencia de "rafts" (franjas?) probablemente 1 km de tamaño dentro del batolito.

Existen bloques de este tipo hacia el oeste del Río Esmeralda y han sido vistos frecuentemente a lo largo del camino desde este río hasta la Quebrada Troya. Basados en su presencia estas rocas están inferidas en la parte sur de la Cordillera, el ancho del complejo de Sabanilla se incrementa substancialmente y hay un considerable decrecimiento en el ancho de la división semipelítica de Loja. Por consiguiente, es posible que al norte de Perú las rocas metamórficas de la Cordillera Real sean similares a las equivalentes del Complejo de Basamento de Sabanilla.

2.2.3 Zona Oriental

En el sur de la zona Oriental los afloramientos consisten básicamente de rocas de grado medio a alto del Complejo de Basamento de Sabanilla, pero hacia el norte-oeste de Manguira, existe un cinturón de 4-5km de espesor de rocas de bajo grado consistentes en filitas, metapelitas y cuarcitas, las cuales pertenecen a la división semipelítica Loja.



Como mencionamos arriba estas últimas rocas desaparecen hacia el sur. El contacto entre la división Loja y el Basamento de Sabanilla no ha sido observado debido a la no existencia de afloramientos en el norte, pero las observaciones fotogeológicas indican que se puede tratar de un contacto fallado.

En ambas travesías (Jimbura-Zumba y Amaluza-Palanda) el Complejo de Basamento de Sabanilla está pobremente expuesto y no ha sido estudiado a detalle. Como podemos ver en informes anteriores, esta unidad cuenta con una historia geológica compleja, su litología está compuesta de migmatitas, gneis con biotita ± moscovita, bandeado; pequeños esquistos cuarzosos y gneis siendo común la presencia de granate.

Continuando con la travesía de San Andrés a La Diversión es probable la existencia de afloramientos frescos que crucen el Basamento de Sabanilla, el que será muy interesante estudiar en el futuro.

2.2.4 Geología Económica

Análisis de muestras recolectadas en esta travesía no tienen posiblemente ningún indicio mineral de valor económico. Sin embargo, algunas áreas pueden ser de interés:

(a) En el norte del Batolito Portachuela están asociadas en una buena extensión series de rocas porfiríticas con considerables cantidades de sulfuros especialmente de pirita, los que son vistos en superficie, y de acuerdo a estas características geológicas el oro que es trabajado en el curso inferior del Río Jimbura es de mucha importancia; estas rocas con las mismas características continúan hacia el sur (corte Jimbura-Zumba).

(b) La existencia de minerales especialmente de oro en la Quebrada Ahogado al este de San Andrés está posiblemente relacionada a las zonas de fractura del Batolito de Portachuela.

(c) De acuerdo con informes de colonos existe oro en el Río Isimanchi cerca de San Andrés, pero esta área no ha sido confirmada por el presente estudio.

(d) Dentro del Batolito de Portachuela cerca de 1 km al oeste de la unión de la Quebrada Las Coloradas con el Río Isimanchi, en la nueva carretera de Jimbura a San Andrés existe una buena exposición de una zona mineralizada (principalmente con sulfuros y pátinas de cobre).

2.3 Travesía Río Isimanchi-Río Mayo

2.3.1 Introducción

Los trabajos de campo fueron llevados a cabo por el Río Isimanchi hasta el Río Mayo, con el objeto de determinar la naturaleza del contacto entre el Batolito del Río Mayo con la división metasedimentaria más antigua del frente Subandino (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988, Mapa 10).

2.3.2 Geología

Las rocas que corresponden a la secuencia informal metasedimentaria más antigua están expuestas a lo largo de la parte baja del Río Isimanchi al este de Zumba, (ver Mapa No. 2). Los detalles de estudios petrográficos de estas rocas todavía no han sido realizados, pero esta secuencia la cual incluye calizas masivas es dominada por rocas de bajo grado, como filitas verdes y filitas cuarzosas, las cuales substancialmente contienen en buena parte detritos de rocas volcánicas.

Esta secuencia se extiende hacia el norte y podemos ver afloramientos al este de Valladolid a lo largo del camino de herradura que conduce al Porvenir (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988, Mapa 10). También están presentes al este de Palanda.

Originalmente sugerimos que el Batolito Río Mayo, intruye esta secuencia y que ahora está confinada, existiendo xenolitos de la división metasedimentaria más antigua dentro de la zona marginal del batolito no deformado (ver Mapa No. 2).

Sin embargo, algunos estudios de datación realizados en el exterior, del Batolito Río Mayo con muestras tomadas al sur de Palanda, han dado edades K-Ar (hornblenda/biotita) de 170-180 Ma. Nosotros concluimos que a las rocas metamórficas de la división metasedimentaria más antigua les corresponderá una edad mínima del Jurásico Inferior.

Es confirmado que las rocas metamórficas son más antiguas en la zona Subandina, por la presencia de largos xenolitos de rocas metamórficas en la zona marginal del Batolito Río Mayo (ver Mapa No. 2).

Estas rocas son provisionalmente consideradas a ser genéticamente relacionadas a las serpentinitas y microgabros de olivino de los afloramientos expuestos muy cerca al este de Zumba, en el camino con dirección a Palanda, si esta interpretación es correcta, entonces nuestras sugerencias anteriores de que estas rocas ultramáficas fueron relacionadas a una abertura sucedida en el Terciario Inferior, no son válidas.

2.4 Reconocimiento geológico de la falla Las Aradas

Se llevó a efecto un reconocimiento rápido a lo largo de la falla Las Aradas, entre las poblaciones de Quilanga y Las Aradas, además en el sur en el Río del Airo y al este de los caseríos El Laurel y Granadillo (ver Mapa No. 3).



En visitas anteriores al norte de Quilanga y Loma del Inca, la presencia de afloramientos de rocas semipelíticas de la división de Loja es mayoritaria y en menor cantidad el Conjunto Tres Lagunas fue observado (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988).

Sin embargo, a lo largo del camino que dirige hacia el norte de Quilanga, existe un afloramiento de esquistos verdes, el cual es muy similar a la división Alao-Paute (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988).

Durante esta comisión de campo, más afloramientos de Alao-Paute fueron encontrados al sur de Quilanga, a lo largo de un camino de segundo orden (afirmado) que conduce a Las Aradas (ver Mapa No. 4).

En otro sector de estudio y al norte de la Quebrada El Saco, se puede ver la presencia de rocas verdes (meta-andesitas) y sus productos cataclásticos como esquistos verdes y filonitas.

Además, están presentes como lentes en forma de cabalgamiento, de una escala pequeña (1 metro) los cuales indican un transporte tectónico desde el SW al NE. Litológicamente estas rocas son idénticas a las de la división Alao-Paute, que han sido vistas a lo largo del frente Baños al sur de Sigsig (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988) y su existencia confirma aún más que la falla Las Aradas representa la extensión sur del frente Baños.

En la Quebrada El Saco existe una exposición de milonitas con buzamiento fuerte al oeste, y éstas son consideradas como pertenecientes a la división Alao-Paute, en los rodados de la Quebrada El Saco, se puede ver un predominio de bloques gnéisicos del Conjunto Tres Lagunas, pero también incluye semipelitas de la división Loja, más hacia el sur en la Quebrada La Quiroga existe un afloramiento reconocible de la división Alao-Paute.

Más hacia el sur están expuestas milonitas en el Río del Airo y tienen buzamientos fuertes hacia el oeste, así mismo en la Quebrada El Saco existe una buena proporción de rodados del Conjunto Tres Lagunas. Estos rodados también son característicos en la Quebrada El Limo hacia el sur de Granadillo.

En otros sitios de esta área, en el lado del camino existen algunas exposiciones de rocas semipelíticas de la división Loja, pero éstas se encuentran cubiertas frecuentemente por rocas volcánicas no deformadas y volcanosedimentarias, las cuales, de acuerdo a mapas geológicos publicados, corresponden a la Formación Sacapalca de edad Terciaria Inferior.

Sin embargo, nuestros trabajos deberán ser considerados como preliminares, nosotros no hemos visto evidencia de deformaciones en la Formación Sacapalca cerca de la falla Las Aradas, con lo que podríamos sugerir que los principales movimientos a lo largo de esta falla son pre-terciarios en edad.



Es prudente indicar que, el trazo aproximado de la falla Las Aradas está diseñado de acuerdo a nuestras observaciones de campo, que están indicadas en el Mapa No. 3.

Se podría hacer el estudio de imágenes satelitales y/o radar de esta área para ubicar la falla con mayor precisión, pero lamentablemente no existen estas imágenes en los archivos de INEMIN.

2.5 Travesía geológica Palanda-La Canela

La geología de esta travesía puede ser dividida en las siguientes unidades (ver Mapa No. 4).

2.5.1 Rocas metamórficas (pre-Jurásico)

Esta secuencia de rocas metamórficas, pertenece a la división metasedimentaria más antigua de la faja Subandina (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988), éstas están expuestas a lo largo del camino de herradura, el cual conduce a Cumandá, ubicado al este del Río Numbala. Estas rocas son consideradas como grandes franjas? ("rafts") dentro del Batolito Río Mayo y consisten de metasedimentos cuarzosos, en casos son de color verde cuando están meteorizados, pero en otros son grises y negros cuando la roca está fresca. Éstas son rocas de bajo grado e impuras.

Existe evidencia de la existencia de que por lo menos dos fases de deformación, las cuales pueden ser vistas en afloramientos y en pliegues de chevron. Son comunes también las vetillas de cuarzo y en algunos sectores estas rocas son excepcionalmente ricas en psilomelana.

2.5.2 Formación Santiago (Jurásico Inferior)

En una franja angosta del Río Vergel de rumbo norte-sur, están expuestos sedimentos con buzamientos al oeste. Los afloramientos en la parte norte consisten de areniscas micáceas, de coloración malva pobremente clasificadas y masivas con marcas de ondulitas (*ripple*).

Sobre este lugar, aparece una secuencia interbandeada de areniscas de grano medio de coloración pálida y argilutitas. Las argilitas son de coloración gris obscura y carbonáceas. Espejos de falla internos son comunes y toda la secuencia tiene bioturbación.

Las areniscas y argilitas son relativamente duras y la base de las unidades de areniscas frecuentemente contienen escamas de argilitas, que están presentes en aproximadamente igual proporción y capas individuales son típicamente de menos que metro de potencia.

Aguas arriba (en la secuencia superior), las areniscas desaparecen rápidamente existiendo horizontes de calizas de coloración gris pálido y fosilíferos, están presentes también argilitas calcáreas pálidas.

Sin embargo, la mayoría de los afloramientos consisten de argilitas y lutitas, finamente laminadas, ricas en material orgánico de color café obscuro. Los rodados son comunes, las argilitas negras contienen amonites.

Y estos típicamente tienen un fuerte olor a hidrocarburos cuando las rocas son golpeadas con el martillo.

La edad de estos sedimentos no es conocida, pero relaciones de campo sugieren que estas son intruidas por el Batolito Río Mayo y por consiguiente nosotros le hemos asignado esta secuencia de la Formación Santiago de edad Jurásica Inferior.

2.5.3 Batolito Río Mayo (Jurásico)

Rocas intrusivas del Batolito Río Mayo se extienden desde Palanda en el oeste hacia las riberas de los Ríos Vergel y Panguri en el este.

Este batolito no ha sido mapeado a detalle, pero se puede ver la existencia de una variación en su composición. En general, entre Cumandá y La Canela en el este, consiste de una granodiorita con biotita y hornblenda de grano medio, la misma que es dominante en la zona de estudio, sin embargo, en el oeste es común encontrar una composición de monzonitas de hornblenda y biotita, o cuarzodioritas.

En sectores mapeados el batolito también incluye intrusivos menores (ej. diques de felsita, andesita y porfiritas).

Muestras de la monzonita con hornblenda y biotita y cuarzodioritas fueron tomadas hacia el sur de Palanda, las mismas que han sido datadas (ver Fase I del Informe de geocronología) y tienen un rango de edad K-Ar (hornblenda y biotita) de 186 ±4 a 175 ± 14 Ma.

2.5.4 Rocas volcánicas (Jurásico Superior-Cretáceo Inferior)

En el Río Vergel y Panguri están expuestas dominantemente rocas volcánicas, estas rocas no han sido datadas, pero se asume que son equivalentes al Jurásico Superior-Cretácico Inferior, que corresponden al "Miembro" Superior de la Formación Chapiza, es decir Misahuallí.

En el Río Vergel, los afloramientos consisten de aglomerados andesíticos meteorizados y lavas; se debe buscar el contacto entre estas rocas con el batolito Río Mayo para poder establecer alguna relación.

En el Río Panguri en las partes bajas existen afloramientos principalmente de aglomerados andesíticos bastante meteorizados y andesitas, rocas porfiríticas con feldespato. En la Quebrada La Cerveza existen aglomerados con bastante mineralización, tampoco fue posible establecer y localizar un contacto entre estas rocas y los intrusivos debido a la espesa vegetación, ya que los afloramientos están cubiertos.

2.5.5 Formación Hollín (Aptiano-Albiano)

Esta Formación fue observada en afloramientos, pero es de importancia la existencia de numerosos bloques de areniscas blancas de grano medio, friables, los que fueron vistos en el Río Vergel y en la Quebrada Cerveza que es tributario norte del Río Panguri.



Además, existen pequeñas áreas de arenisca blanca con cuarzo a lo largo del camino de herradura que conduce por la parte superior del Río Vergel hacia el oeste de Santa Clara.

Lo mismo sucede aproximadamente a 2 ó 3 km al oeste de La Canela la existencia de arena blanca con cuarzo en la trocha que conduce a la Quebrada La Cerveza.

Hacia el sureste de Chito (ver Informe Anual del Proyecto Cordillera Real, 1987-1988), las areniscas de la Formación Hollín descansan en discordancia sobre la Formación Chapiza (Miembro Misahuallí) y asumimos que es la misma relación existente en el área. Sin embargo, debería observarse que los límites de los afloramientos de la Formación Hollín como se indican en el Mapa No. 4, fueron diseñados en base a fotogeología.

2.5.6 Geología Económica

La Formación Hollín es de potencial importancia para la fabricación de vidrio, siendo este el principal mineral no-metálico significante en la zona de estudio. Se ha bateado quebradas y ríos a lo largo de los Ríos Vergel y Panguri, existiendo mayor contenido de oro en bateas en el Río Panguri y la mayor parte de sus quebradas afluentes.

En la parte superior del Río Vergel, aparece una mina recientemente descubierta para la explotación de oro en roca. Esta área (ver Mapa No. 4, AU?) fue visitada por personal del Proyecto, pero desafortunadamente "La Cooperativa?" impidió que visitáramos el lugar de trabajo.

La interpretación de esta área como se demuestra en el Mapa No. 4, está basada en datos fotogeológicos y asumimos que la mineralización está asociada a las rocas volcánicas del Miembro Misahuallí de la Formación Chapiza.

Ing. Francisco Viteri Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 0001

QUITO, ENERO 02, 1989

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión efectuada del 01 al 25 de noviembre de 1988, al suroriente del país (Numbala, San Vicente, Yacuambí)

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real, que se está llevando a efecto mediante convenio de Asistencia Técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo a escala regional, tendientes a establecer un modelo de los procesos de su formación, para con estos datos relacionar a sectores de concentración mineral existentes en diferentes lugares del país, de manera especial en la Cordillera Real.

1.2 Objetivos

Los objetivos básicos de esta comisión fueron los de compilar información geológica-estructural al sur del país, principalmente en los sectores del Río Numbala, Espíritu Playa, Nabón, Shingata, Tutupali, San Vicente, Yacuambí, La Paz y Fierro Urco. Así también el de tomar muestras petrográficas y geoquímicas de sedimentos fluviales y minerales pesados en sitios de interés, para así relacionarles a modelos geológicos regionales deducidos en comisiones anteriores.

1.3 Personal asignado

La presente comisión estuvo conformada por:

Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA
Sr. Manuel Célleri	Perforista/INEMIN
Sr. Washington Cevallos	Chofer/INEMIN



Se ha utilizado como medio de transporte el Jeep Land Rover AT-0056 de la Misión Británica.

1.4 Hidrografía
En la zona de estudio a nivel regional (ver Mapa No. 1) las principales redes de drenaje que dominan son los Ríos Yacuambí, Zamora y Numbala, todos estos drenan hasta el Zamora, luego toman el nombre de Marañón que con el nombre de Santiago desemboca en el Amazonas. Los Ríos León y Oña conforman otra red de importancia, estos drenan hacia el occidente para luego llegar al Río Jubones en la Costa ecuatoriana.

1.5 Clima y vegetación
Dentro de toda la zona de investigación los climas son variables, siendo en las partes altas por sobre los 3000 msnm climas fríos de páramo, y la vegetación baja dentro de las cuales existen pocos sembríos de papas, porotos, etc., en sitios más altos predominan las heladas especialmente en la Loma Picota, La Cruz y Shingata. Otro tipo de clima se encuentra en la región Subandina (Oriental) con alturas inferiores a 2000 msnm, donde el clima es cálido-húmedo, en la que la vegetación es abundante y variable como: caña, yuca, entre otros; dentro de estas zonas se encuentran asentadas las poblaciones de Yacuambí, Espíritu Playa, La Paz y pequeños caseríos.

1.6 Acceso
Para realizar el estudio geológico-estructural, se tuvo como principal centro de operaciones la ciudad de Loja y el nuevo cantón Nabón, en la provincia de Azuay.

La primera etapa de la comisión tuvo lugar al sector Numbala Alto y Bajo (ver Mapa No. 3) para llegar a estos puntos se toma un camino de primer orden desde Loja hasta Yangana, luego un camino afirmado hasta Pico Toledo para desde este punto iniciar la travesía a pie a Numbala.

La segunda fase se realizó por los sectores de Nabón-Cochapata hasta cerca de Shingata por caminos afirmados para luego tomar un camino de herradura a Tutupali y Yacuambí; el segundo grupo efectuó la travesía a pie desde La Cruz hasta Espíritu Playa (ver Mapa 2). Los otros estudios geológicos (ver Mapas 4 y 5) se realizaron por caminos secundarios.



2. GEOLOGÍA

Detalles de las observaciones geológicas realizadas en su mayor parte a pie, a través de caminos de herradura, trochas y quebradas se pueden observar en los mapas Cochapata-Yacuambí, Nabón-Espíritu Playa (Ver Mapa No. 2); Pico Toledo-Numbala (ver Mapa No. 3) y a través de caminos afirmados Loja-Cera y San Lucas-Fierro Urco en los Mapas 4 y 5, respectivamente. Se debe tomar en cuenta que todas las identificaciones son macroscópicas basadas en muestras de mano debido a que al momento no contamos con secciones delgadas, tampoco con los resultados de geoquímica, por consiguiente, todas las interpretaciones realizadas en los mapas geológicos adjuntos al presente informe técnico son provisionales.

2.1 Travesía geológica Cochapata-Yacuambí y Nabón-La Cruz-Espíritu Playa

La información geológica obtenida de Nabón-Espíritu Playa fue realizada por el Ing. Francisco Viteri y la de Cochapata-San Vicente-Tutupali por el Dr. John Aspden, estas dos travesías se demuestran en el Mapa No. 2. Hacia el oeste se puede observar una gran extensión de depósitos volcánicos de la Formación Tarqui, la misma que cubre en forma de sábana gran parte de la cordillera, pero en el lado oriental las rocas metamórficas pueden de una a otra manera ser claramente asignadas al Conjunto Tres Lagunas o a la división semipelítica de Loja. Además, en el norte está expuesto un delgado cinturón de metalavas, las mismas que pertenecen a la división Alao-Paute inmediatamente o muy cerca al oeste del Conjunto Tres Lagunas.

2.1.1 División Alao-Paute

Afloramientos de estas rocas son muy restringidos, hacia la parte noroeste del mapa y consiste principalmente de esquistos verdes. Los datos estructurales indican buzamientos moderadamente fuertes hacia el oeste.

Litológicamente estas rocas son muy similares a las que hemos visto en varios sectores en la división Alao-Paute y su presencia nos provee de un importante enlace con los principales afloramientos de la división Alao-Paute hacia el este de Cuenca y los recientemente descritos por el Proyecto en el área de Quilanga hacia el sur.

El contacto actual entre la división Alao-Paute y el Batolito Tres Lagunas no está muy bien expuesto, sin embargo, está indicado en el Mapa No. 2, el mismo que fue tomado de la extensión sur del frente Baños.

2.1.2 Batolito Tres Lagunas

El Conjunto Tres Lagunas, fue nombrado gracias a los resultados de campo llevados a efecto por la Brigada Sur (Aspden, Viteri, 1987) del Proyecto Cordillera Real (ver travesía geológica Oña-Yacuambí, agosto de 1987), lugar en el cual fueron encontrados muchos afloramientos de granito biotítico deformado. Con base en observaciones de campo realizadas durante las dos travesías que están indicadas en el mapa No. 2 adjunto al presente informe técnico, es posible que estas mismas rocas se extiendan hacia el norte y probablemente representan una sola intrusión, a pesar de que el intrusivo está fuertemente deformado quizás el Batolito Tres Lagunas representa un solo cuerpo.

La margen oeste del Batolito Tres Lagunas está cubierta en su mayoría por tobas félsicas, plio-pleistocénicas de la Formación Tarqui, y el contacto está indicado en el Mapa No. 2, el mismo que está basado en interpretaciones fotogeológicas. El contacto oriental de las intrusiones puede asumirse como intrusivo, pero para esto se necesita verificar con chequeos de campo a detalle.

Litológicamente el batolito consiste de un granito biotítico con textura granular y gruesa generalmente gnéisico, pero con una deformación variable. Existe una variedad con megacristales de feldespato de color azul-gris los cuales dan la forma de gneis de "augen" (ojos) muy comunes. A veces el granito también contiene cuarzo azul, el que podría estar asociado a microcizallamientos los cuales están especialmente desarrollados dentro de los granos de cuarzo. En el norte existen bloques de gneis moscovítico "apariencia de greisen" en el Río Espíritu Playa o Yerbabuena (ver reporte técnico Gima-Nueva Tarqui, febrero de 1988). Existen afloramientos de granito alterado (indicando moscovita) al oeste del Río Moriré, a lo largo de la margen oriental del más largo batolito terciario (granodiorita hornblenda ± biotita) no deformado, el que está mostrado en el Mapa No. 2.

En el Río Macuchi, fueron observadas vetillas irregulares de pegmatita con turmalina en bloques rodados del Granito Tres Lagunas, también en este mismo río existen numerosos bloques grandes de cuarzo blanco de hasta 50 cm, algunos de los cuales llevan turmalina pegmatítica en forma de cristales irregulares.

En el oeste los buzamientos estructurales son de moderados a fuertemente inclinados hacia el oeste, sin embargo, en la parte oriental del batolito están hacia el este, mientras que los rumbos son marcadamente transcordillera.

2.1.3 División Loja

Hacia el este del batolito Tres Lagunas tenemos la división Loja, la cual consiste de una monótona secuencia de rocas de bajo grado principalmente filitas ± grafito, limolitas y cuarcita de grano medio a fino. En menor escala se puede ver pliegues secundarios (F2), los que generalmente tienen buzamientos suaves. Los ejes de pliegue tienen rumbo de cordillera y son muy comunes.

2.1.4 Rocas intrusivas jóvenes

Hacia el margen este del batolito Tres Lagunas están presentes intrusiones tardías menores, sin deformación. En el norte consisten de granodioritas con hornblenda ± biotita, y en el sur de dioritas básicas (gabros?) las que son predominantes.

La edad de los plutones es desconocida, pero posiblemente tienen una edad terciaria inferior.

2.2 Geología Económica

2.2.1 Oro

Se obtuvo oro aluvial como resultado de haber bateado en algunos ríos y quebradas, los mismos que están indicados en el Mapa No. 2.

En el oeste de los Ríos Shingata y Betas, en el límite sur de la faja de oro (Collay-Shingata) el cual está asociado con el frente Baños, se pudo observar mineralización aurífera.

Como mencionamos en trabajos previos realizados en la Cordillera Real, el origen del oro de este cinturón aurífero todavía no ha sido identificado, lo que se recomendaría para este fin es realizar trabajos de campo a detalle, que deberían ser efectuados en la Quebrada Macuchi (ver Mapa No. 2). Esta quebrada es relativamente corta sin problema en lo que respecta a su acceso, la misma que ha sido trabajada por mineros de la zona, basado en nuestras observaciones, las que fueron realizadas en el curso inferior de la quebrada, podría haber buenos afloramientos aguas arriba y posiblemente la oportunidad de encontrar oro primario en superficie, para lo cual se debería realizar un estudio geológico-investigativo a detalle con el objeto de identificar las fuentes primarias de oro en esta quebrada y a lo largo de la faja aurífera Collay-Shingata.

En el este, alrededor de San Vicente algunos ríos llevan oro aluvial, el origen de este oro es desconocido, aunque posiblemente, éste puede derivarse de vetillas de cuarzo existentes en las rocas semipelíticas de la división Loja.

Algunos ríos y quebradas llevan rodados de rocas volcánicas jóvenes e intrusivas, los mismos que vienen drenando de la faja Subandina volcánica/plutónica y en algunos lugares estas rocas están asociadas con la extensión regional de la mineralización aurífera en la parte sur del Ecuador (cinturón de oro de la faja Subandina).

En los alrededores de la población conocida como Espíritu Playa al noroeste de San Miguel de Cuyes, es importante la alteración existente en las rocas intrusivas del Conjunto Tres Lagunas, posiblemente por efecto del intrusivo joven (descrito en el capítulo anterior), el mismo que contiene gran cantidad de sulfuros como pirita, calcopirita y bornita en algunos casos. Como resultado del bateado realizado en la Quebrada Yerbabuena y sus afluentes del Espíritu Playa se comprobó la existencia de oro aluvial, de modo que convendría llevar a efecto dentro de esta zona un programa geológico-geoquímico a detalle con el propósito de determinar la fuente primaria de mineralización aurífera.

2.2.2 Estaño y tungsteno

El Batolito Tres Lagunas es considerado como un granito tipo-S y por consiguiente existe la posibilidad que pueda asociarse en parte con la mineralización de estaño y tungsteno. En la Quebrada Macuchi es común encontrar bloques de granito con vetillas irregulares y a veces rellenos de cuarzo con turmalina pegmatítica.

Han sido tomadas muestras de mineral pesado para análisis en laboratorio para Sn y W. Similares muestras fueron recolectadas de los Ríos Espíritu Playa y Yerbabuena.

2.3 Travesía geológica Pico Toledo-Numbala

El objetivo de esta travesía fue el de chequear la existencia o no del contacto entre las rocas del Basamento de Sabanilla y las rocas metasedimentarias más antiguas de la faja Subandina, también el de observar la existencia de indicios minerales en la zona de estudio.

En trabajos realizados anteriormente por el Proyecto (ver informe Loja-Zumba, noviembre de 1986), se efectuó un reconocimiento geológico desde Yangana hasta Pico Toledo, encontrándose el contacto entre rocas semipelíticas de la división Loja y el Basamento de Sabanilla, aproximadamente a 10 km siguiendo el carretero desde Yangana hasta Pico Toledo, sin haber información adicional más hacia el este; se vio la necesidad de realizar una investigación geológica a Numbala Alto y Bajo, con el objeto anteriormente descrito.

2.3.1 Geología

Desde Pico Toledo (3485 msnm) donde se inicia la travesía, existe un predominio de rocas de grado medio a alto correspondientes al Complejo de Basamento Sabanilla, principalmente migmatitas, pegmatitas con granate, gneis de biotita, en sitios más altos hay predominancia de anfibolitas en unos casos en forma de diques, el contacto de estas rocas con las volcánicas localizadas en el Río Numbala está ubicado en la Quebrada Perla (ver Mapa No. 3) el mismo que se trata probablemente de un contacto tectónico (fallado).

La estructura principal tiene un rumbo aproximadamente norte-sur con buzamientos dominantes al oeste, existiendo cerca de la falla inclinaciones fuertes, casi verticales en su mayoría.

A todo lo largo del Río Numbala y en la Quebrada La Perla cerca de la unión con el Numbala existen buenas exposiciones de rocas volcánicas (piroclastos y lavas) muy silicificadas probablemente correspondientes a la Formación Misahuallí, estas rocas contienen gran cantidad de sulfuros, en muestras de mano se ha podido distinguir pirita, a pesar de que estas rocas no han sido datadas pensamos que son equivalentes al Jurásico Superior-Cretáceo Inferior que corresponden al Miembro Superior de la Formación Chapiza, es decir al Miembro Misahuallí.

En la mayoría de afloramientos expuestos la litología consiste de rocas porfiríticas, felsitas en forma de diques, lavas todas estas muy silicificadas, cerca de la falla existen alteraciones de la roca, indicando epidota, calcopirita y pirita.

2.3.2 Geología Económica

De acuerdo a las muestras recolectadas en esta travesía, se ha podido observar que algunas de éstas contienen indicios de minerales económicos, de manera especial en la Quebrada San Francisco y en el Río Numbala donde los afloramientos de rocas volcánicas silicificadas contienen buena cantidad de sulfuros, se obtuvieron muestras de batea de cada uno de los ríos y quebradas en esta zona, existiendo en todos chispas de oro, lo que sugeriría que éste es un sector recomendable para realizar estudios geológicos a detalle y para la búsqueda de más indicios minerales en esta zona. Otro sector de importancia es la Quebrada Los Helechos cerca de la unión con el Numbala donde existen trabajos de lavaderos auríferos. Esta mineralización puede estar asociada a zonas de fractura del Batolito Zamora que está muy cerca de la zona investigada.

2.4 Travesía geológica Loja-Cera y Loja-Santiago (carretero nuevo)

Paralelamente a los trabajos de geología regional que está llevando a efecto el Proyecto, se está realizando estudios geológicos detallados con el propósito de confirmar y corregir el modelo geológico que actualmente existe de la Cordillera Real en lo que corresponde a la parte sur del Proyecto (ver Mapa No. 10, Segundo Informe Anual del Proyecto Cordillera Real), es por esta razón que se realizó el estudio en esta zona.

2.4.1 Geología

La geología de las rocas metamórficas alrededor de la parte norte del contacto de la cuenca terciaria de Loja, ha sido chequeada detalladamente, y cada uno de los datos geológicos-estructurales se indican en el Mapa No. 4. Debe observarse que con la excepción de las carreteras Loja-Solamar y el viejo camino Loja-Catamayo la posición de las otras carreteras que se indican en el mapa son aproximadas.

Estudios previos llevados a efecto por el Proyecto han demostrado que a lo largo de ambos carreteros (el nuevo y viejo) que conecta Loja con Catamayo están expuestos muy buenos afloramientos de rocas de bajo grado de la secuencia semipelítica Loja. Sin embargo, a lo largo del nuevo camino hacia el oeste de la población El Belén y si miramos hacia el oeste del margen de la cuenca sedimentaria de Loja, podemos observar que está expuesto un estrecho bloque fallado y bandeado indicando rocas de alto grado, principalmente gneis con cuarzo-biotita.

Existen también rocas muy similares y particularmente bien expuestas a lo largo del camino Loja-Solamar (ver reporte técnico Saraguro-Loja, junio de 1986), a lo largo del nuevo camino entre Loja y Santiago (San Lucas) y, a lo largo del camino afirmado que conduce a Taquil.

La relación entre las rocas semipelíticas de la división Loja y las rocas de alto grado es decir los gneises (y esquistos) no es conocida. El flanco oriental de los gneises, los que informalmente se les denomina aquí en este reporte como división gnéisica de Masaca, posiblemente los bordes de contacto no sean correctos, en todo caso es tentativo sugerir que puede corresponder este contacto a un mediano o fuerte lineamiento fotogeológico, la posición de este lineamiento está indicada en el Mapa No. 4, sin embargo en el oeste la información estructural y la distribución de afloramientos sugieren que la división Masaca, estructuralmente no está ligada a la división Loja y podría por consiguiente representar una secuencia más vieja de basamento.

Litológicamente la división Masaca consiste de gneis de biotita, rico en cuarzo; en el este existe gneis bandeado con biotita y en el extremo oeste cerca de la falla Las Aradas son comunes los esquistos gneis y los esquistos ricos en biotita. La mayor parte de las rocas observadas parecen ser de tipo paragneis y por consiguiente no son ahora consideradas para corresponder al Conjunto Tres Lagunas como habíamos sugerido previamente.

Cerca de la falla Las Aradas en las áreas de Taquil y Gauga existen vetas de granito pegmatítico moscovítico tardías (sin deformación) que cortan la división Masaca, existen similares rodados en la Quebrada Solamar, los mismos que contienen vetillas y concentraciones de turmalina.

Si bien que la gran distribución de la división semipelítica de Loja y la división Masaca pueden posiblemente justificar la información dada en el Mapa No. 4, se deberían programar trabajos geológicos detallados en estas áreas con el objeto de determinar la relación estructural entre estas dos divisiones.

2.5 Corte geológico San Lucas-Fierro Urco

Hacia el norte de San Lucas y a lo largo de un camino afirmado que conduce a Fierro Urco, están expuestos, hacia el este, afloramientos de filitas ± grafito.

Esta serie de rocas puede corresponder a la misma secuencia de rocas de los afloramientos existentes a lo largo del carretero principal que va de Saraguro-San Lucas (ver informe Saraguro-Loja, Aspden-Viteri, junio de 1986) y hacia el oeste están reemplazados por lavas andesíticas, de coloración verdosa, las mismas que son relativamente masivas y débilmente deformadas, pero las cuales llevan un clivaje tectónico ampliamente expuesto.

De acuerdo a trabajos previos (ej. Baldock, 1982), estas andesitas corresponden a la Formación Celica y los metasedimentos han sido tentativamente asignados por diferentes trabajos llevados a efecto por el Proyecto Cordillera Real como división semipelítica Loja.

Adicionalmente hacia el norte a lo largo del nuevo camino a Saraguro existen pequeños afloramientos de rocas volcánicas verdes y esquistos verdes los mismos que están localizados hacia el este de la Quebrada Honda (ver Mapa No. 5), en muestras de mano estas rocas son muy similares a las metalavas de la división Alao-Paute con las cuales han sido relacionados estos afloramientos.

2.5.1 Recomendaciones

Las observaciones descritas en este capítulo han sido realizadas con base en observaciones hechas en el campo, sin embargo, puede darse cualquier cambio, cuando sean realizadas las láminas delgadas. En particular la relación entre las andesitas más masivas de la Formación Celica y los esquistos verdes y volcánicos verdes de la división Alao-Paute necesita ser establecida, también si es posible la edad de las rocas metasedimentarias (suponemos división Loja) las que deberían ser determinadas.

Ing. Francisco Viteri Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

